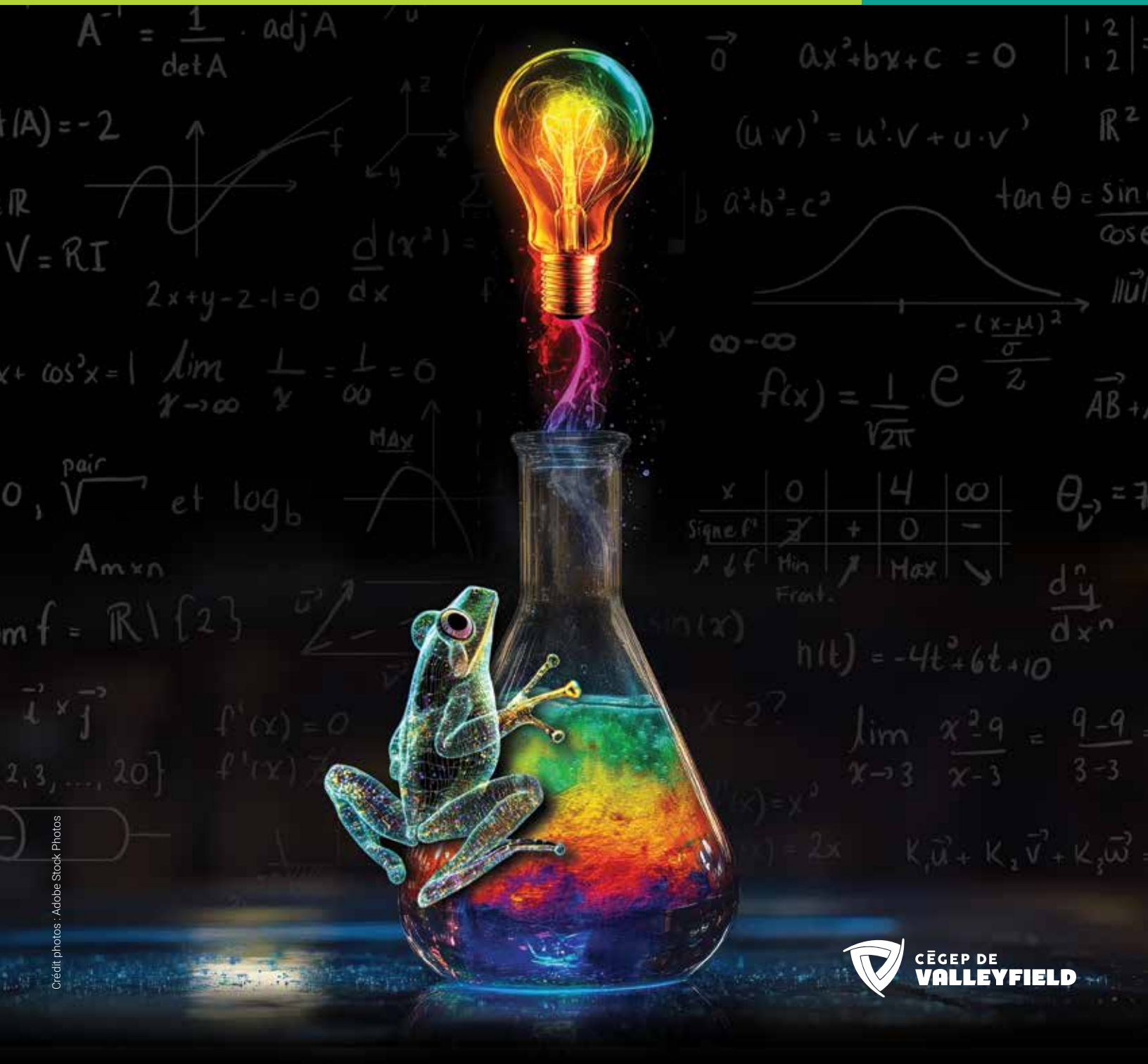
Ça, c'est de la SCIENCE!

Revue scientifique des étudiant(e)s en Sciences de la nature du Cégep de Valleyfield

Nº 15 | Printemps 2025



Crédit photos : Adobe Stock Photos

CÉGEP DE VALLEYFIELD

CHERS LECTEURS, CHÈRES LECTRICES

C'est avec une immense joie et une grande fierté que nous vous présentons cette 15e édition de notre revue scientifique *Ça, c'est de la science !*. Fidèle à sa mission, cette revue propose une variété d'articles captivants qui démystifient et expliquent divers phénomènes scientifiques, tout en rendant la science accessible et fascinante pour tous. Nous sommes convaincus que vous apprécierez cette production étudiante de haute qualité.

La direction du Cégep tient à féliciter chaleureusement les étudiantes et les étudiants rédacteurs pour l'excellence de leurs contenus, ainsi que les collaboratrices et les collaborateurs pour la qualité de la langue française et la conception graphique.

Nous exprimons nos sincères remerciements aux enseignantes et aux enseignants qui ont contribué à la réalisation de cette édition. Leur dévouement et leur passion pour les sciences inspirent et motivent l'ensemble des étudiantes et des étudiants du programme Sciences de la nature.

Bonne lecture et plongez-vous dans l'univers fascinant de la science !

Marc Rémillard
Directeur général

Ça y est. Nous voilà tous et toutes au terme de notre parcours dans le programme Sciences de la nature. C'est avec fierté et aplomb que nous vous présentons, après 2 années d'études (ou 3, pour celles et ceux qui, mieux que quiconque, ont compris l'adage « Lentement mais sûrement »), la 15e édition de *Ça, c'est de la science !*. Voici donc une revue rédigée entièrement par les finissant(e)s du programme. Elle a notamment pour but de confirmer la profondeur de nos connaissances scientifiques soigneusement inculquées par des professeur(e)s dévoué(e)s. Vous trouverez, dans cette édition 2025, 12 articles scientifiques abordant chacun un sujet innovant que nous nous sommes dévoué(e)s à approfondir, et alliant plusieurs disciplines, dont les mathématiques, la chimie, la physique, la biologie et la géologie.

Cela va sans dire que nous n'avons pas fait ça seul(e)s. Chacun(e) d'entre nous a bénéficié d'un groupe d'enseignant(e)s passionné(e)s (nos *superhéros* et *superhéroïnes* à nous), autant durant notre parcours que lors de la rédaction de cette revue. C'est donc avec affection que nous remercions Amélie Derome, Éric Demers, Dominique Tessier, Marie-Ève Provost-Larose, Nicolas Rey-Le Lorier et Simon Labelle, des enseignants et des enseignantes ayant le cœur sur la main et le désir profond de transmettre la connaissance aux générations suivantes. Mais n'oublions pas le coordonnateur de notre programme, Bénédict Plante, dit *Ben*, enseignant de physique sans qui ce projet de revue aurait été chancelant.

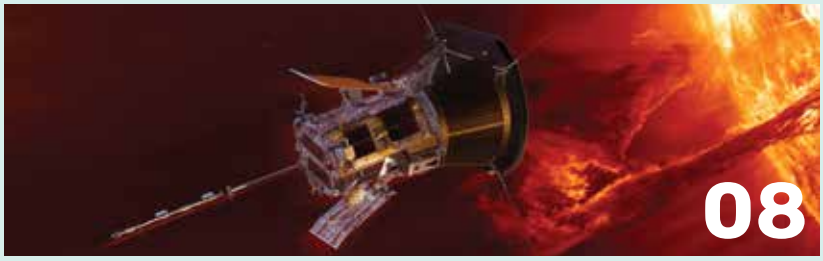
Il n'y a toutefois pas que des pros des sciences qui ont participé à ce projet. Il faut mentionner Madeleine Charette, la graphiste à l'origine de l'esthétisme de cette revue, et Guillaume Robidoux, qui a fait la révision linguistique de tous les textes afin que le niveau de la langue soit à la hauteur de notre talent.

Nous tenons également à remercier la direction des études, la direction des affaires étudiantes, la Fondation du Cégep de Valleyfield, le Syndicat des enseignantes et des enseignants du Collège de Valleyfield, l'Association étudiante du Cégep de Valleyfield (AECV) et tous les services d'aide sans lesquels plusieurs d'entre nous n'auraient probablement pas terminé leur programme.

Nous exprimons également notre gratitude envers vous, lecteurs et lectrices de cette revue. En lisant celle-ci, vous permettez à ce projet de garder tout son sens et de donner à chacun(e) des finissant(e)s de ce programme une occasion de se dévouer à la science et d'explorer, de son propre côté, des sujets passionnants. Ainsi, nous vous souhaitons une bonne lecture et espérons que certain(e)s d'entre vous trouveront peut-être leur voie dans le programme Sciences de la nature du Cégep de Valleyfield !

Sincèrement,
Lavinia Mititelu, Louis-Félix Laporte, Roxane Vaillancourt, Margot Roquigny-Lemieux , Kellyann Bolduc, Jade Bissonnette, Rémi Poirier, Léa Boulet, Anaïs Clairoux, Alysia Dumaresq, Amélie Klein, Daniela Raymundo Seolino, Jérémy Quintal

TABLE DES MATIÈRES



UNE NOUVELLE JAMBE, UNE NOUVELLE VIE ! 04
L'OXYGÈNE NOIR : À LA DÉCOUVERTE DES NODULES POLYMÉTALLIQUES ! 06
QUE LA FORCE DU SOLEIL SOIT AVEC NOUS ! 08
ET SI L'ON GUÉRISSAIT LA MALADIE AVANT MÊME D'ÊTRE MALADE ? 10
JE NE SUIS PAS TROP SEXY, MAIS JE COMPRENDS LES ORDIS 12
UNE VIANDE SANS MORT 14
FINISSANT(E)S EN SCIENCES DE LA NATURE DU CÉGEP DE VALLEYFIELD ET LEURS PROFESSEUR(E)S 16
LA DÉPENDANCE AUX OPIOÏDES : UNE PENTE GLISSANTE… 18
DE LA TERRE À UNE ORBITE GÉOSTATIONNAIRE : L'HISTOIRE D'UN SELFIE LÉGENDAIRE 20
LE SUPERPOUVOIR DES DORITOS 22
JOUER AVEC LE TEMPS… ÇA SE PEUT ? 24
LE SPERME : UNE NOUVELLE VOIE DE GUÉRISON DU CANCER 26
LA MÉMOIRE, C'EST DE L'ARGENT ! 28
CONCOURS DE PHOTOS SCIENTIFIQUES 30
SHOT BALL : SPHÉRIFICATION À L'ÉTAT PUR 31

COMITÉ DE RÉDACTION

Étudiant(e)s :
Lavinia Mititelu
Louis-Félix Laporte
Roxane Vaillancourt
Margot Roquigny-Lemieux
Kellyann Bolduc
Jade Bissonnette
Rémi Poirier
Léa Boulet
Anaïs Clairoux
Alysia Dumaresq
Amélie Klein
Daniela Raymundo Seolino
Jérémy Quintal

Professeur(e)s :
Bénédict Plante
Simon Labelle
Nicolas Rey-Le Lorier
Marie-Ève Provost Larose
Dominique Tessier
Amélie Derome
Éric Demers

Conception graphique :
Madeleine Charette

Révision linguistique :
Guillaume Robidoux

Éditeur :
Cégep de Valleyfield
169, rue Champlain
Salaberry-de-Valleyfield
(Québec) J6T 1X6

L'INTÉRIEUR DE CETTE REVUE EST IMPRIMÉ SUR DU ROLLAND ENVIRO SATIN 120M TEXTE. CE PAPIER 100 % POSTCONSOMMATION EST CERTIFIÉ FSC®, ÉCOLOGO AINSI QUE PROCEDÉ SANS CHLORE ET EST FABRIQUÉ LOCALEMENT À PARTIR D'ÉNERGIE BIOGAZ.

ISSN 1920-1141 | Cette revue est conforme aux normes de la nouvelle orthographe.

La version électronique de la revue est disponible sur le site web du Cégep au www.cegepvalleyfield.ca, dans la rubrique « Programmes d'études – Préuniversitaires », sous le titre du programme « Sciences de la nature ».

UNE NOUVELLE JAMBE, UNE NOUVELLE VIE !

AERIKA DOLZHENKO, ANAÏS CLAIROUX ET LOUIS-FÉLIX LAPORTE

« Je ne me rappelle plus ma vie avant la prothèse ; c'est comme si elle n'a jamais existé. »

« Une nouvelle jambe veut dire une nouvelle vie », comme l'a souligné Annick Hébert, entraineuse du Club de patinage artistique Mercier et porteuse d'une prothèse fémorale depuis presque 14 ans. C'est une nouvelle façon de marcher, de bouger et de se percevoir. Bref, tout est nouveau !

Avant l'invention des prothèses, saviez-vous comment les humains remplaçaient un membre absent ou dysfonctionnel ? Ils fabriquaient des béquilles, des bâtons de support, des cannes et d'autres outils improvisés. Au Moyen Âge, ce sont des jambes de bois qui étaient souvent fabriquées. Cependant, elles étaient douloureuses à porter parce qu'elles étaient souvent mal ajustées et maintenues en place avec des cordes ou des sangles. Tous ces aspects rendaient leur utilisation très inconfortable. De nos jours, grâce aux avancées technologiques, les prothèses sont fabriquées avec des matériaux légers et durables, comme le carbone et le titane. Pour les athlètes de course, les prothèses inspirées de la jambe arrière d'un guépard, nommées *Cheetah*, sont apparues.

Mais d'où vient cette idée ?

Nous avons commencé nos recherches par la lecture d'un article sur les prothèses en carbone de l'athlète sud-africain Oscar Pistorius (1). Il s'agit d'un athlète paralympique d'athlétisme amputé de deux jambes. Ses deux prothèses lui permettent de s'élancer et d'atteindre des vitesses de sprint comparables à celles d'un coureur sans limitations fonctionnelles. Nous avons donc décidé, pour notre projet, de concevoir le même type de prothèse qu'avait Oscar Pistorius, c'est-à-dire une prothèse pour amputation fémorale. Il s'agit d'une prothèse composée d'une emboiture qui reçoit le moignon (la partie restante d'un membre amputé), d'un genou prothétique, d'une tige fémorale et d'un pied.

Nous, étudiant(e)s du programme Sciences de la nature, nous sommes donné comme projet de fabriquer une prothèse en nous inspirant des modèles et des matériaux qui ont marqué l'histoire de ces appareils.

Mais pourquoi avons-nous choisi ce type de prothèse ?

Nous avons choisi ce type de prothèse, car notre collègue Anaïs, qui fera l'essai de la prothèse, n'est pas amputée ; ce modèle lui permettra de porter la prothèse en pliant sa jambe non amputée. Son autre jambe, qui agira comme point d'appui, devra rester tendue. Anaïs devra donc essayer de marcher avec la prothèse en utilisant principalement son tronc pour garder une certaine stabilité. Les muscles du tronc sollicités pendant sa marche seront les obliques et le muscle transverse de l'abdomen, qui viendront stabiliser son mouvement de marche par leur rotation. De plus, il faudra considérer que les muscles du mollet ne seront pas sollicités lorsque la prothèse sera en place. Pour pouvoir avancer d'un pas vers l'avant, c'est la flexion de la hanche et l'extension du genou qui seront utilisées. Pour faire progresser l'autre pas vers l'avant, ce sont les fléchisseurs du genou qui seront activés.

Mais comment se déroule le cycle de la marche sans prothèse ?

Au cours de notre projet, nous avons analysé la marche d'Anaïs en détail afin d'adapter sa prothèse en fonction de la physiologie de sa jambe droite et de son mouvement. Se déplacer avec une prothèse, comme nous l'avons expliqué, c'est assez différent que de marcher sans celle-ci, car, en l'absence de prothèse, le mouvement de la marche est comparable à celui d'une chaise berçante. Cela signifie que la distribution du poids se fait du talon vers le gros orteil. Plus précisément, c'est le gros orteil qui est responsable de l'équilibre et « lors de la course, cette articulation supporte des forces équivalentes à 2 à 3 fois le poids du corps » (2), ce qui est énorme. Ainsi, le cycle de la marche est déterminé par chaque membre inférieur. Il commence par le contact initial du pied, suivi d'une phase d'appui, puis d'une phase oscillante, et se conclut lors du nouveau contact de ce pied avec le sol.
« Lorsqu'on normalise le cycle de marche en pourcentage de 0 % (contact initial) à 100 % (contact initial suivant) » (3), on peut alors distinguer deux phases : (figure 2)

Schéma initial de la prothèse

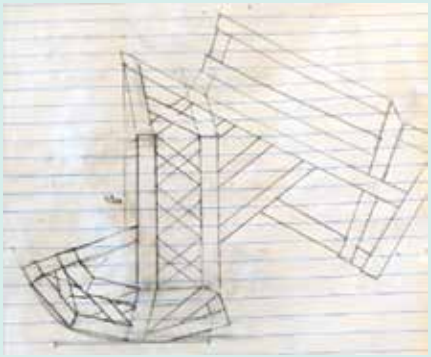


Schéma de la courbure du pied

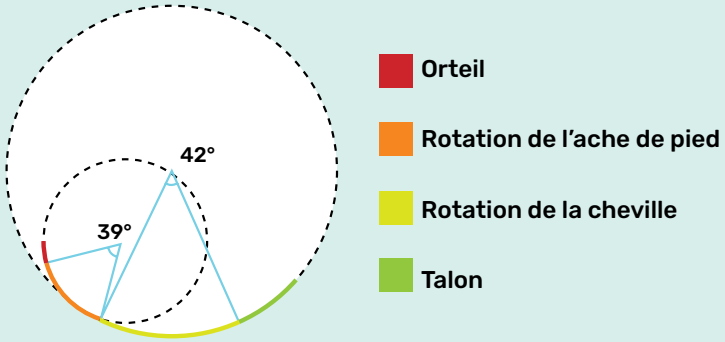


Figure 1 Représentation de la prothèse et du pied d'Anaïs au début du projet. Les schémas sont faits par Louis-Félix Laporte avec le logiciel PowerPoint.

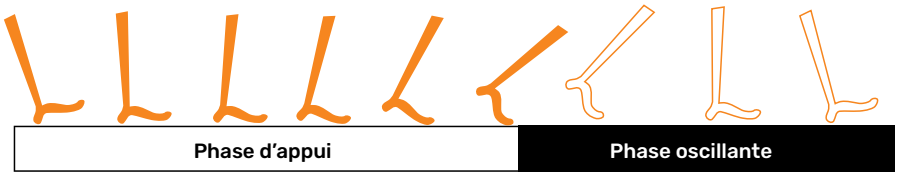


Figure 2 Division du cycle de la marche en phase d'appui et phase oscillante (modifié d'après Perry, 1992).

1. **La phase d'appui :** elle correspond à l'entièreté de la période où le pied est en contact avec le sol. Elle commence par le contact initial du talon avec le sol et se termine avec la fin du contact des orteils avec le sol. « Pour une vitesse de marche physiologique, elle s'étend de 0 à 60 % du cycle de marche. » (3)

2. **La phase oscillante :** elle correspond à l'absence de contact entre le pied et le sol et à l'avancée du membre inférieur. Elle commence au décollement des orteils et se termine avec le contact initial suivant du même pied avec le sol. « Pour une vitesse de marche physiologique, elle s'étend de 60 à 100 % du cycle de marche, soit une durée de 40 % du cycle de marche. » (3)

Comme nous pouvons le constater, ce ne sont pas les mêmes muscles qui sont sollicités lors d'une marche avec prothèse et sans prothèse. Avec une prothèse, ce sont les obliques, le muscle transverse de l'abdomen et les hanches qui sont engagés sans contribution des membres inférieurs. Sans la prothèse, c'est le corps en entier qui travaille. Il faut donc une rééducation adaptée après une amputation d'un membre.

Pourquoi avons-nous choisi le bois pour fabriquer la prothèse ?

Nous avons opté pour le bois, car c'est non seulement un matériau abordable, mais nous voulions aussi recréer la jambe de bois du Moyen Âge en la rendant plus confortable et plus moderne. De plus, nous voulions opter pour un bois assez résistant, car, bien évidemment, le matériau utilisé ne doit pas s'effondrer sous le poids de la personne. Nous avons donc utilisé du bois d'érable, car c'est le deuxième bois le plus dur en Amérique du Nord après le noyer. Puisque nous construisions une prothèse sur mesure pour une personne sans amputation de la jambe, nous devions aussi prévoir un point d'appui pour supporter sa jambe pliée et immobilisée avec des sangles.

La progression du processus de fabrication de notre prothèse au fil des semaines :

À la première semaine du projet, nous avons analysé le mouvement de marche de la jambe, plus précisément celui du pied. Grâce à une vidéo filmée par Anaïs, nous avons pu découvrir les angles de la force de poussée et de la force d'atterrissage de son pied. Par la suite, avec nos connaissances acquises en physique mécanique, nous avons calculé l'intensité des forces appliquées lors de la course d'Anaïs. Jusque-là, toutes nos valeurs n'étaient que théoriques ; il nous fallait maintenant des valeurs expérimentales. Heureusement que nous avons un senseur de force au cégep !

Après plusieurs tests avec le senseur de force, nous avons obtenu nos valeurs expérimentales. Nous avons pu constater avec soulagement que ces valeurs expérimentales ressemblaient beaucoup aux valeurs que nous avions calculées d'après la théorie de la physique mécanique. Hourra ! Tout sourires, nous avons dressé notre liste des matériaux nécessaires à la construction de la prothèse telle que nous l'avions conçue. (figure 1)

Après deux semaines de travail ardu, la prothèse est enfin construite ! (figure 3) Eh oui ! Le grand moment que nous avons attendu avec impatience est enfin arrivé : Anaïs peut essayer notre prothèse ! Après avoir effectué plusieurs tests sur la prothèse, nous arrivons à la conclusion que notre but est atteint : nous avons réussi à utiliser des méthodes modernes pour construire une prothèse en bois, comme celles du Moyen Âge, mais dotée d'un confort bien supérieur.

Petit bonus :

Le nom de notre prothèse est *Super Impact*, une référence à l'équipe de soccer *l'Impact de Montréal*.

Quelques semaines plus tard, nous avons eu une discussion avec l'entraineuse de patinage artistique Annick Hébert. Elle nous a rappelé l'importance d'accompagner la personne humaine qui doit s'adapter à la perte d'un membre. Tout le long de son parcours, Annick a eu accès à plusieurs spécialistes afin de rendre son processus d'adaptation le plus serein possible. Elle nous a souligné ceci : « Je me considère comme chanceuse parce que j'étais jeune et en forme, donc je n'ai pas eu de difficulté à m'adapter à ma prothèse ». Elle a insisté sur l'impact que vivre avec un membre amputé peut avoir sur la santé mentale : « Ça fait presque 14 ans que j'ai une prothèse et c'est depuis l'été passé que je suis à l'aise de porter des shorts ». Il faut s'habituer à son « nouveau soi », car ce n'est plus la même personne qu'avant l'amputation qui apparait dans le miroir. Bref, il faut apprendre à apprécier cette nouvelle jambe, cette nouvelle personne et donc cette nouvelle vie.

Figure 3 Photo de la jambe de bois finale photographiée par la mère de Louis-Félix, Julie Martineau.

Références bibliographiques :

1. Pistorius nettement avantagé par ses prothèses en carbone. La Presse [Internet]. 18 nov 2009 [cité 14 févr 2025]; Disponible à : https://www.lapresse.ca/sports/autres-sports/athletisme/200911/18/01-922839-pistorius-nettement-avantage-par-ses-protheses-en-carbone.php
2. KarlandMax [Internet]. 2025 [cité 10 avr 2025]. Pourquoi le gros orteil est crucial pour la stabilité. Disponible à : https://karlandmax.com/blogs/infos/pourquoi-le-gros-orteil-est-crucial-pour-la-stabilite
3. Gasq DD. Physiologie et évaluation de la marche. [Internet]. Toulouse, février- 2022. gasq.d@chu-toulouse.fr. Disponible à : https://clarolineconnect.univ-lyon1.fr/clarolinepdfplayerbundle/pdf/6861869

L'OXYGÈNE NOIR : À LA DÉCOUVERTE DES NODULES POLYMÉTALLIQUES !

MÉLODIE BRODEUR ET BENJAMIN DESROSIERS

Sur Terre, nous étions convaincus que l'unique moyen de produire de l'oxygène était par la photosynthèse. Cependant, la découverte d'une roche produisant de l'oxygène au cœur des abysses pourrait révolutionner cette idée.

Saviez-vous que nous avons moins d'informations sur les océans que sur la surface de Mars et de la Lune ? Dans les faits, seulement 5 % des fonds océaniques sont actuellement cartographiés. De nombreuses zones encore méconnues pourraient donc renfermer des richesses pouvant nous mener à de nouvelles découvertes. C'est ce qui s'est produit pour un groupe de chercheurs qui ont découvert des gisements de roches, initialement exploités pour leurs métaux, capables de produire de l'oxygène dans les profondeurs océaniques.

Mais n'allons pas trop vite. Ces roches, communément appelées *nodules polymétalliques*, sont connues des industries minières depuis 1970. Concrètement, un nodule polymétallique est une roche qui s'est formée à partir de sédiments accumulés autour d'un noyau. (1) Ce dernier peut être d'origines variées comme un fragment de coquille, un autre nodule ou même une dent de requin ! (figure 1) Les métaux qui les composent sont variés, mais des analyses chimiques ont montré que le manganèse constituait 49 % de leur composition. Les nodules contiennent également du fer, du cobalt, du nickel, du cuivre et bien d'autres ! Le processus de leur formation n'est toujours pas complètement connu. Ce que l'on sait, c'est que l'accumulation de sédiments autour du noyau du nodule se fait très lentement. Sur une période d'un million d'années, leur taille augmente de seulement quelques millimètres. Ce processus nécessite donc un environnement où les conditions restent stables sur une telle période. Ils sont situés dans les fonds marins à plus de 3 kilomètres de profondeur. La plus grande région de nodules polymétalliques est la zone Clarion-Clipperton, située dans le Pacifique entre le Mexique et Hawaii. (figure 2) En 2017, on estimait qu'il y aurait, dans cette zone, 20 à 30 milliards de tonnes de nodules contenant assez de métaux divers pour répondre à la demande mondiale pendant plusieurs décennies. Imaginez ce que cette somme représente !

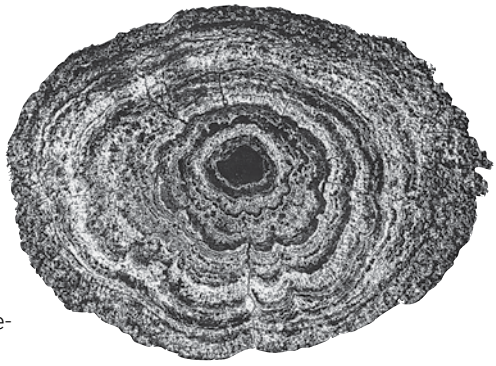


Figure 1 Coupe transversale d'un nodule polymétallique. Source : Ifremer [Wikimedia Commons]. 2014 [cité 8 avril 2025]. Disponible sur https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=158532280

La région de Clarion-Clipperton est une zone de fracture créée par le mouvement des plaques tectoniques. En effet, ce sont les failles transformantes, des frontières de plaques qui se déplacent dans le sens contraire l'une de l'autre, qui sont à l'origine de ces zones de fractures. Les failles transformantes s'adaptent aux mouvements des dorsales océaniques, qui sont, elles, causées par deux plaques qui s'éloignent. Ces failles s'étendent sur plusieurs kilomètres et dépassent la limite active des plaques, ce qui laisse des traces au fond de l'océan. Ces traces représentent les zones de fractures. Une façon de visualiser cela serait de les comparer à des cicatrices qui marquent l'océan. (figure 3)

Une propriété inédite des nodules a été découverte par erreur alors que des chercheurs tentaient de mesurer la consommation d'oxygène dans les fonds marins.

Depuis plusieurs décennies, l'industrie minière exploite les nodules polymétalliques, mais des chercheur(-euse)s travaillant sur cette ressource depuis des années ont fait une incroyable percée scientifique, il y a bientôt un an, plus précisément en juillet 2024. (2) Une propriété inédite des nodules a été découverte par erreur alors que des chercheur(-euse)s de la *Scottish Association for Marine Science* (SAMS) tentaient de mesurer la consommation d'oxygène dans les basfonds marins à l'aide de chambres benthiques, des espèces de cloches permettant d'observer le comportement d'un environnement en l'isolant de l'extérieur. On s'attendait à voir une diminution d'oxygène à mesure que le temps avançait sous l'effet de la respiration cellulaire des organismes marins, processus qui utilise de l'oxygène pour produire de l'énergie. Pourtant, à leur grande surprise, la concentration d'oxygène avait augmenté ! Conclusion : les scientifiques étaient certain(e)s que c'était une erreur lors de la prise de données. Cependant, après des années de recherches sur ce phénomène, on a compris que c'était les nodules polymétalliques qui étaient à l'origine de l'augmentation d'O_2 dans les fonds marins. Ces petites roches de métal faisaient ce que l'on croyait spécifique aux plantes, soit la production d'oxygène. Justement, c'est parce que l'oxygène provient d'une source inorganique que les scientifiques l'ont qualifié d'*oxygène noir*. Mieux encore, contrairement aux plantes, qui ont besoin de la lumière du soleil pour faire la photosynthèse, ces nodules en sont capables même sans lumière ! Les chercheur(-euse)s ont donc annoncé une découverte révolutionnaire, car elle pourrait complètement changer notre façon de voir la production d'oxygène.

Figure 2 : Nodules polymétalliques observés lors de la campagne Nodinaut menée par l'Ifremer. Source : Ifremer [Wikimedia commons]. 2004 [cité 8 avril 2025]. Disponible sur https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=155031974

Mais comment ça fonctionne ? Les chercheur(-euse)s ont émis plusieurs hypothèses, mais la plus probable serait celle comparant les nodules polymétalliques à des batteries permettant l'électrolyse de l'eau. Ce procédé divise les molécules d'eau en molécules d'hydrogène (H_2) et en molécules d'oxygène (O_2). Cette réaction doit se faire à une tension d'au moins 1,23 volt, additionnée à un surpotentiel d'approximativement 0,37 volt, pour un total de 1,60 volt, soit l'équivalent d'une pile AA. Cela dit, un nodule à lui seul ne peut atteindre qu'une tension de 0,95 volt, ce qui est largement inférieur au minimum nécessaire à l'activation du processus d'électrolyse. Alors, comment les nodules peuvent-ils quand même produire de l'oxygène ? En unissant leur potentiel, bien sûr ! Le principe ressemble à celui d'une lampe torche qui ne fonctionne que lorsque nous mettons deux piles. Les nodules, en contact les uns avec les autres, travaillent de concert pour produire de l'oxygène.

Revenons maintenant à l'exploitation minière de ces fameux nodules. Même si ces derniers offrent des ressources minières essentielles, leur exploitation n'en demeure pas moins dangereuse pour la biodiversité marine. Effectivement, selon les biologistes et les associations environnementales, la présence de l'industrie minière n'a pas sa place dans les fonds marins. (3) Les compagnies minières ont beaucoup d'argent à leur disposition pour progresser dans le développement de machineries et de méthodes d'exploitation, tandis que les recherches et les connaissances biologiques des plaines abyssales ne sont pas encore assez développées pour contrer l'exploitation minière. Cette disparité rend donc plus difficile la protection de la vie marine. De plus, Verena Tunnicliffe, chercheuse à l'Université de Victoria en Colombie-Britannique, explique que les plaines abyssales, où se retrouvent les nodules, font partie d'un des plus gros écosystèmes du monde. Cependant, leur résilience est faible et la forte activité minière n'aide en rien à leur conservation. En effet, les expert(e)s ont pu observer des traces encore très visibles d'une exploitation faite dans la zone de

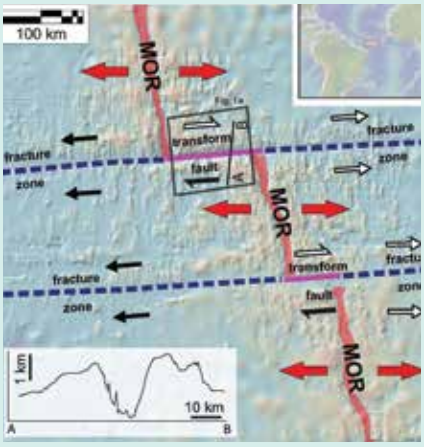


Figure 3 : Schéma des mouvements des plaques tectoniques. Les dorsales océaniques sont indiquées en rouge, les failles transformantes en rose et les zones de fractures en bleu. Source : Hensen.C et al. [Front. Earth Sci. 18 March 2019 Sec. Structural Geology and Tectonics Volume 7 - 2019|]. 2019 [cité 8 avril 2025]. Disponible sur https://doi.org/10.3389/feart.2019.00039

Clarion-Clipperton il y a 37 ans. Une étude de l'Université d'Hawaii en 2016 publiée dans *Scientific Reports* a démontré que la faune marine y était 70 % moins abondante que dans les zones non exploitées.

Les entreprises d'exploitation affirment vouloir minimiser leur impact environnemental et plusieurs se disent que les impacts seront moins importants que sur les continents. En y pensant, il est vrai que les mines océaniques ne provoquent pas de pluies acides, sont moins énergivores et ne soulèvent pas d'enjeux territoriaux. Toutefois, que vaut cela lorsqu'on sait tout le mal que cela inflige à la biodiversité ? Catherine Coumans, coordinatrice de la recherche pour l'organisme *Mining Watch Canada*, s'inquiète, au contraire, que ces mines loin de toute civilisation entraineraient des conséquences irréparables. Selon elle, les conséquences ne peuvent être que néfastes puisque tout est bien plus compliqué au fond de l'océan que sur la terre ferme. Les prélèvements soulèvent des tonnes de sédiments qui rendent l'eau trouble ; les navires font du bruit et rejettent des déchets miniers toxiques. Les organismes peuplant les fonds marins sont habitués à une eau calme et limpide et de telles perturbations entrainent des conséquences nocives sur leur mode de vie. Or, il n'y a pas que la biodiversité qui sera affectée. Nous avons vu plus haut que le processus de formation des nodules nécessitait des conditions environnementales stables, mais l'exploitation minière implique tout le contraire. Par conséquent, non seulement la survie des organismes est-elle en jeu, mais la viabilité de l'ensemble de l'écosystème marin de la zone de Clarion-Clipperton est aussi menacée puisque la quantité de nodules pourrait être portée à diminuer après plusieurs années d'exploitation, surtout en raison de conditions de formation non favorables.

Avec les connaissances nouvellement acquises par la découverte de l'oxygène noir, nous trouvons nécessaire de réévaluer la nécessité de la présence de l'industrie minière en eaux profondes. Nous savons désormais que ces entreprises exploitent une source d'oxygène jusqu'alors inconnue, mais nous sommes encore dans l'ignorance quant à son utilité potentielle. Peut-être que des recherches en laboratoire pourraient mener à de nouvelles techniques de production d'oxygène qui s'inspirent des nodules polymétalliques ? Nous pourrions développer des solutions à la diminution d'oxygène par photosynthèse causée par la déforestation. De plus, ce sont des centaines d'espèces marines inconnues qui s'éteignent chaque année en raison de l'exploitation minière. Selon Verena Tunnicliffe, ces espèces constituent une biodiversité précieuse dont l'étude pourrait mener à la découverte de nouveaux composés pharmaceutiques. Ils pourraient être la clé de vaccins ou de médicaments contre certaines maladies encore aujourd'hui incurables.

Jusqu'où la société est-elle prête à aller pour se développer encore et encore au détriment de l'environnement et des écosystèmes que la Terre hébergeait bien avant nous ? Même si nous en connaissons encore très peu sur l'ampleur de la vie dans les abysses, nous devons justement établir des mesures pour permettre aux scientifiques d'en découvrir davantage. Les océans gardent encore des tonnes de secrets qui ne demandent qu'à être découverts !

Références bibliographiques :

1. Ratiarson TH. Caractérisation et exploration des nodules polymétalliques [Internet] [Mémoire]. [Madagascar] : Université d'Antananarivo ; 2024 [cité 15 mars 2025]. Disponible sur : https://www.polytechnique.mg/these/Version-Finale-Nodule-Polymy-tallique.pdf
2. Sweetman AK, Smith AJ, De Jonge DSW, Hahn T, Schroedl P, Silverstein M, et al. Evidence of dark oxygen production at the abyssal seafloor. Nat Geosci. août 2024;17(8):737-9.
3. Corniou M. Mines : Les abysses, nouvel eldorado. Québec Science [Internet]. 24 aout 2017 [cité 8 mars 2025] ; Disponible sur : https://www.quebecscience.qc.ca/environnement/mines-les-abysses-nouvel-eldorado/

QUE LA FORCE DU SOLEIL SOIT AVEC NOUS !

FRÉDÉRIK NADEAU ET MARGOT ROQUIGNY-LEMIEUX

Nous cherchons continuellement de nouvelles sources d'énergie sur Terre pour maintenir notre mode de vie capitaliste… Et si nous devions plutôt lever les yeux vers le Soleil ?

Ce n'est un secret pour personne que nous sommes de plus en plus nombreux sur Terre, que nos civilisations se perfectionnent technologiquement et que notre mode de vie demande plus d'énergie que notre planète n'est capable d'en fournir. Alors, si notre planète ne nous suffit plus énergétiquement, pourrait-on puiser notre énergie ailleurs que sur le globe ?
Pour remédier à un tel problème civilisationnel, le mathématicien Freeman J. Dyson (1923-2020) a imaginé, en 1960, une structure spatiale entourant le Soleil pouvant capter une incroyable quantité d'énergie solaire (1). On la nomme la *Sphère de Dyson* (figure 1). Cette sphère serait essentiellement composée d'un ensemble de satellites munis d'une pléthore de panneaux solaires orbitant en synergie autour d'une étoile. On nomme la théorie *Sphère de Dyson*, mais la structure pourrait prendre de nombreuses autres formes. Des mathématiciens, physiciens et autres penseurs ont essayé d'appliquer cette théorie. Nous nous sommes aussi prêtés au jeu de la Sphère de Dyson pour répondre à une question précise : mettre en place une telle sphère aujourd'hui serait-il réalisable d'un point de vue économique ? En concevant plusieurs modèles et en estimant le cout de la mise en place de ces infrastructures, nous sommes arrivés à des conclusions très intéressantes. Accrochez-vous, les résultats vont vous surprendre !

Actuellement, nous captons déjà une partie de l'énergie solaire grâce à des panneaux photovoltaïques. Ils utilisent l'énergie des photons (particules lumineuses) provenant de la lumière visible qui parvient jusqu'à la Terre. Toutefois, l'atmosphère terrestre bloque une grande partie des rayons, autres que la lumière visible, que le Soleil produit, comme les rayons gamma, les rayons X, les infrarouges et une grande partie des ultraviolets. Le Soleil produit énormément d'infrarouges (presque la moitié du spectre d'émission solaire en est constituée), auxquels nos panneaux photovoltaïques n'ont pas accès. Il faudrait donc que les panneaux se situent en dehors de notre atmosphère et à une

Figure 1 Illustration artistique d'une sphère de Dyson Source : Kevin Gill. Dyson Sphere. [Image en ligne]. 25 aout 2016 [Consultée le 18 mars 2025] Disponible : https://www.flickr.com/photos/kevinmgill/29401385502/

courte distance du Soleil pour pouvoir maximiser l'utilisation de l'énergie des photons infrarouges.

Mais comment pourrait-on s'y prendre pour envoyer des panneaux photovoltaïques aussi près de notre étoile ? Pour être capables de capter l'énergie solaire à la source, nous devrions envoyer une quantité phénoménale d'astronefs pourvus de multiples panneaux solaires et d'un système de propulsion pour ajuster leur trajectoire orbitale. Les astronefs devraient aussi être munis d'un système de protection thermique, car la température du Soleil peut atteindre jusqu'à 5 500 °C à sa surface, ce qui peut désintégrer n'importe quelle matière, ou presque. Même à l'aide d'une protection thermique, les astronefs ne pourraient pas être situés trop près du Soleil sans risque de se détériorer à cause de la chaleur. En résumé, il faudrait un satellite polyvalent capable de résister à la chaleur du Soleil, d'ajuster sa trajectoire orbitale tout en captant l'énergie émise par les rayons solaires. En nous basant sur les missions spatiales actuelles, nous avons identifié un candidat qui pourrait correspondre à ces critères. Il s'agit du satellite Parker Solar Probe. (figure 2)

La mission *Parker Solar Probe* a été mise en place pour mieux comprendre le Soleil. Le satellite est muni de plusieurs instruments utiles pour étudier la structure et le fonctionnement de certaines parties du Soleil. Celui-ci a été envoyé dans l'espace le 12 aout 2018 et fera de nombreuses révolutions autour du Soleil avant de s'y échouer éventuellement. Il a établi plusieurs records depuis son lancement, dont celui d'atteindre la distance la plus proche du Soleil, soit à 6 167 522 kilomètres de sa surface (environ 16 fois la distance Terre-Lune). Il détient aussi le record d'être l'objet le plus rapide conçu par l'homme avec une vitesse maximale de 686 722 kilomètres par heure. Ce satellite possède deux panneaux solaires d'une puissance respective de 194 watts, un bouclier thermique en composite de carbone protégeant la structure du satellite, un système de propulsion ainsi qu'un système de refroidissement. Sa structure adaptée au Soleil et ses données nombreuses en font le candidat parfait pour la mise en place hypothétique de nos modèles. Il est maintenant temps de passer à la modélisation des différents modèles de Sphère de Dyson et aux calculs relatifs à la mise en place d'un tel projet. (2)

Le satellite *Parker* se concentre sur l'étude du Soleil, ce qui ne correspond pas exactement à notre objectif. Nous pourrions donc reprendre la structure de ce satellite en enlevant les instruments d'observation pour nous concentrer sur sa capacité à capter l'énergie solaire. Chaque satellite serait muni de quatre panneaux photovoltaïques au lieu de deux. Le reste de la structure serait pratiquement la même. Il faut savoir que la masse d'un satellite exerce une grosse influence sur le cout de sa mise en orbite. Pour estimer le cout d'un seul satellite, nous nous concentrerons sur le prix des panneaux photovoltaïques sur le marché, le prix du bouclier thermique et le prix de lancement du satellite dans l'espace par une fusée. Nous avons favorisé ces composantes, car les données sur le cout des matériaux de pointe des engins spatiaux ne sont pas vraiment accessibles au public ou nécessitent l'utilisation de logiciels d'estimation des couts complexes, ce qui s'éloigne de notre objectif. C'est pourquoi notre calcul se veut approximatif. Ainsi, le montant de la mise en place d'un seul satellite autour du Soleil serait d'environ 381 millions de dollars… Or, pour concrétiser une Sphère de Dyson, il faut beaucoup de satellites…

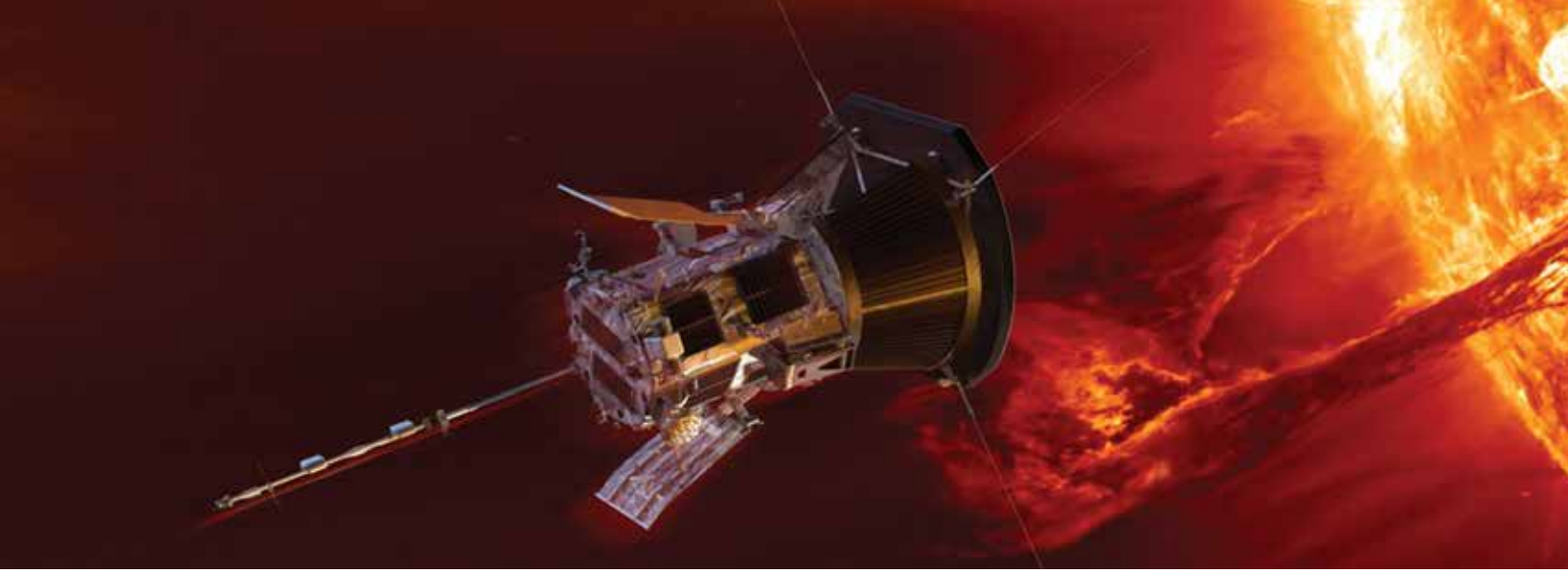


Figure 2 Illustration du satellite Parker Solar Probe en direction du Soleil Source : NASA/APL. NASA [Image en ligne]. 2024-12-27, [Consultée 12-03-2025]. Disponible : NASA's Parker Solar Probe Makes History With Closest Pass to Sun - NASA Science

À l'aide du logiciel Maple, nous avons modélisé deux modèles de sphères de Dyson afin de comparer leur cout. Notre premier modèle s'apparente à une simple sphère entourant le Soleil. Son rayon correspond au rayon du Soleil additionné à la distance atteinte par le satellite *Parker*, soit un rayon total de 6 876 522 km. Les boucliers thermiques constitueraient la face interne de la sphère, faisant face au Soleil. Les panneaux solaires seraient donc à l'extérieur, captant l'énergie grâce aux radiations émises qui passeraient sur les côtés des satellites. En effet, nous avons estimé que nous devions laisser un espace vide de la taille d'un satellite entre chacun afin que les satellites n'entrent pas en collision les uns avec les autres. Ainsi, l'aire comblée par les boucliers thermiques serait de $2{,}964 \times 10^{20}\ m^2$. On aurait donc besoin d'un total de $6{,}779 \times 10^{19}$ satellites pour couvrir cette aire. Notre second modèle aurait l'apparence d'un double tore (figure 3). Un tore est une forme géométrique ressemblant à une bouée de sauvetage ou à un *beigne*. Le modèle serait donc constitué de 2 tores s'entre-croisant et effectuant une rotation autour du Soleil. Les satellites auraient des panneaux solaires rotatifs, ce qui ferait en sorte qu'ils seraient toujours alignés vers le Soleil. Les satellites seraient encore une fois séparés par l'espace d'un satellite, ce qui nous donnerait une aire totale de $1{,}835 \times 10^{20}\ m^2$. Il faudrait alors environ $4{,}20 \times 10^{19}$ satellites pour recouvrir la surface nécessaire.

Mais bon, nous pouvons toujours rêver de dompter la puissance des étoiles.

À l'aide de nos informations sur le nombre de satellites, nous avons été en mesure de déterminer le cout total approximatif de chaque modèle. En commençant par le premier modèle, nous avons obtenu un cout de $2{,}58 \times 10^{28}$ $ pour la mise en place de la structure. Comme il est difficile de se représenter une telle somme, nous représenterons ce montant en fonction du PIB mondial (ce qui correspond à la richesse totale produite par le monde en une année). Le PIB mondial de 2023 était de 106 171,67 milliards de dollars (3). Ainsi, pour construire le modèle de sphère, le montant s'élèverait à 243 800 milliards de fois le PIB mondial de 2023. Il s'agit d'une somme astronomique ! Tenez-vous bien, car le deuxième modèle n'est pas vraiment plus abordable. Le double tore couterait environ 150 100 milliards de fois le PIB mondial ! On pourrait se demander si le prix pourrait être moins élevé si on utilisait un seul tore au lieu de deux. Malheureusement, ce n'est pas plus convaincant. Il faudrait 78 073 milliards de fois le PIB mondial pour réaliser le projet, ce qui reste une somme faramineuse.

Donc, une Sphère de Dyson est-elle vraiment réalisable aujourd'hui ? Visiblement, malgré les avancées technologiques des dernières décennies, ce n'est toujours pas le cas. Si on analyse le cout d'une Sphère de Dyson d'une autre façon, en posant que le PIB correspond à 1 an de richesse mondiale, il faudrait presque 250 000 milliards d'années pour accumuler les fonds pour mettre en place

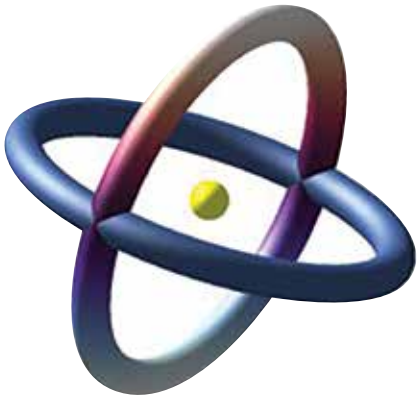


Figure 3 Modélisation d'une sphère de Dyson en forme de double tore. Source : Frédérik Nadeau. Image créée à l'aide du logiciel Maple. 2025.

une telle sphère ! Sachant que le Soleil épuisera ses réserves d'hydrogène dans 5 milliards d'années et qu'il engloutira la Terre à ce moment, nous sommes mieux de trouver une solution plus rapide et viable à nos pénuries énergétiques. Rêver, ça reste gratuit !

Références bibliographiques :

1. Freeman J. Dyson. Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation. Science. 1960 ; Volume 131 : p. 1667-1668
2. NASA. [En ligne]. Parker Solar Probe. [Modifié 02-01-2025 ; Consulté le 28-02-2025]. Disponible : Parker Solar Probe/
3. Trading Economics. [En ligne]. Trading Economics. [Modifié décembre 2023 ; Consulté le 19-03-2025]. Monde-PIB Disponible : Monde — PIB | 1960—2023 Données | 2024—2025 Prévisions

ET SI L'ON GUÉRISSAIT LA MALADIE AVANT MÊME D'ÊTRE MALADE ?

NOÉMIE BLINN ET MARIE KOSSOH

Grâce à CRISPR-Cas9, plusieurs maladies génétiques, comme la drépanocytose, pourraient être évitées avant la naissance. Cela vous semble trop beau pour être vrai ? Pourtant, la technologie progresse dans cette direction.

Saviez-vous qu'il est possible de modifier l'ADN humain ? En effet, des technologies telles que CRISPR-Cas9 peuvent apporter des changements, comme une correction, un ajout ou une suppression d'une partie de l'ADN. Encore plus surprenant : ces changements sont envisageables dès le stade de l'embryon ! Alors, qu'est-ce que l'ADN, exactement ? Et qu'est-ce qu'on entend par le *stade embryonnaire* ?

L'ADN est une molécule en forme de double hélice présente dans chaque cellule de notre corps. Il est unique à chacun et forme notre bagage génétique. C'est-à-dire qu'il contient les instructions nécessaires au développement, au fonctionnement et à la reproduction de notre organisme. On peut imaginer l'ADN comme la recette de la vie dont l'alphabet chimique se rapporte à seulement quatre lettres appelées bases azotées, l'adénine (A), la thymine (T), la cytosine (C) et la guanine (G). L'adénosine et la thymine forment des paires et la guanine et la cytosine forment des paires. Ces paires s'enchainent pour former des séquences spécifiques d'instructions appelées *gènes*. Ceux-ci sont responsables de caractéristiques héréditaires, comme la couleur de nos yeux, et de prédispositions à certaines maladies, comme la drépanocytose. L'ensemble des gènes est appelé le *génome*.

Le zygote se forme après la fécondation, c'est-à-dire lors de la fusion d'un spermatozoïde et d'un ovule. Il s'agit de la première cellule contenant tout le matériel génétique. Le zygote se développera en embryon durant les six semaines du stade embryonnaire où les cellules se multiplient rapidement et se spécialisent grâce aux gènes.

Maintenant que l'ADN et son rôle dans le développement de l'embryon nous sont plus familiers, découvrons comment un outil comme CRISPR-Cas9 peut modifier notre génome à des fins médicales.

Figure 1 Les ciseaux cellulaires et l'ADN. Source : LJNovaScotia. Pixabay [Internet]. 2020 [cité 20 mars 2025]. Disponible sur : https://pixabay.com/fr/illustrations/crispr-g%c3%a9n%c3%a9tique-les-ciseaux-adn-5635795/

CRISPR-Cas9 : ciseaux cellulaires (1)

CRISPR-Cas9 est un système utilisé par les bactéries comme un mécanisme de défense contre les virus, notamment les bactériophages, parce que, oui, les bactéries aussi doivent se protéger ! Le système CRISPR-Cas9 est composé de deux éléments principaux : les séquences CRISPR et la protéine Cas9.

Au moyen de CRISPR-Cas9, les scientifiques cherchent à prévenir la drépanocytose aussi appelée l'anémie falciforme. C'est l'une des maladies génétiques du sang les plus répandues au monde ; on la diagnostique chez environ 300 000 patient(e)s chaque année.

Les séquences CRISPR sont des séquences de l'ADN bactérien. Lorsqu'une bactérie est infectée par un virus, elle conserve des fragments d'ADN viral dans son propre ADN. Ces fragments sont appelés espaceurs et sont séparés par de courtes répétitions régulières d'ADN dans une partie spécifique de l'ADN de la bactérie appelée *CRISPR*. Grâce à ces séquences, les bactéries parviennent à mémoriser les infections passées, à les reconnaitre et à se défendre plus efficacement contre les attaques futures.

La protéine Cas9 est une protéine endonucléase, c'est-à-dire une enzyme dont la fonction est de couper l'ADN. C'est pourquoi on utilise fréquemment les termes *ciseaux moléculaires* pour désigner CRISPR-Cas9. (figure 1) Pour que la protéine atteigne sa cible, elle est guidée vers un endroit spécifique par un ARN guide qui s'apparie avec une région précise de l'ADN. L'ARN guide est une séquence d'ARN qui, dans la nature, provient des séquences CRISPR de l'ADN bactérien. En fait, l'ARN est une séquence de bases azotées copiée à partir de l'ADN. En laboratoire, l'ARN guide peut être fabriqué de façon synthétique à partir des séquences choisies.

Afin de modifier le génome qui compose les cellules d'un organisme, on injecte les composantes de CRISPR-Cas9 dans le zygote ou dans l'embryon avant sa maturité. Plus précisément, l'ARN guide pour la région ciblée et l'enzyme Cas9 sont d'abord introduits dans l'embryon. Cette introduction peut être réalisée par différentes techniques de transfert génétique, comme l'injection directe dans le noyau de la cellule, l'électroporation, qui consiste à appliquer une brève décharge électrique à la cellule et ainsi former de petits trous temporaires, ou encore des vecteurs viraux, soit des virus modifiés pour remplir un rôle de transport sécuritaire. Par la suite, Cas9 coupe l'ADN à l'endroit précis déterminé par l'ARN

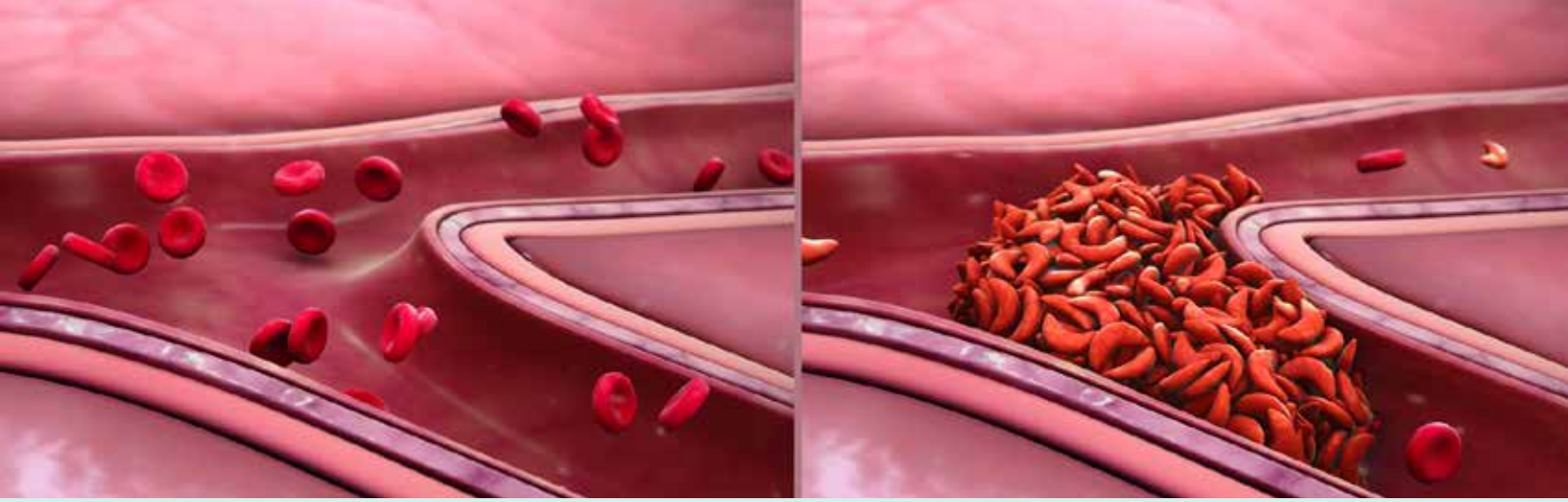


Figure 2 Comparaison entre la forme normale et la forme en faucille des globules rouges. Source : Sickle_Cells_Disease.jpg (1920×1080) [Internet]. [cité 7 avr 2025]. Disponible sur : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Sickle_Cells_Disease.jpg

guide. Cette coupure entraine une rupture du double brin de l'ADN de l'embryon. Ensuite, les cellules réparent les coupures à l'aide d'un mécanisme de réparation de l'ADN, soit la jonction non homologue (NHEJ) qui recolle les extrémités de l'ADN sans modèle, soit la recombinaison homologue (HDR) qui utilise une séquence d'ADN similaire comme modèle.

Drépanocytose : Anomalie de l'hémoglobine (2)

Elle est caractérisée par une anomalie de l'hémoglobine. L'hémoglobine est une protéine des globules rouges sanguins qui leur permet de transporter l'oxygène des poumons jusqu'aux cellules du corps. La forme anormale de l'hémoglobine est appelée *l'hémoglobine* S (HbS). Qu'est-ce qu'il lui arrive ? En fait, une mutation, soit un changement dans l'ADN, fait en sorte que les globules rouges prennent une forme de faucille ou de croissant et deviennent rigides et fragiles. Pour cette raison, ils ont de la difficulté à se déplacer dans les plus petits vaisseaux sanguins et entrainent des blocages de circulation sanguine et des douleurs intenses appelées *crises drépanocytaires.* (figure 2)

Plus précisément, la drépanocytose est causée par une mutation du gène HBB. Il est responsable de la fabrication d'une partie de l'hémoglobine, soit la sous-unité bêta-globine, dans les cellules adultes. Afin de réduire les symptômes de l'anémie falciforme, il suffit de remplacer l'hémoglobine défectueuse (HbS) par une forme d'hémoglobine normale (HbF) qui, elle, n'entraine pas de déformation des globules rouges. Pour ce faire, il faut réactiver la production d'HbF par des traitements. Normalement, la production d'HbF débute dès le stade embryonnaire et diminue après la naissance. Elle est progressivement remplacée par l'hémoglobine adulte (HbA). Par la manipulation génétique de cellules souches hématopoïétiques (CSH), il est possible de stimuler la production d'HbF.

Le traitement OTQ923 nécessite les cellules souches du patient. Ces cellules sont modifiées en laboratoire par le système CRISPR-Cas9 pour cibler et modifier certains gènes, comme HBG1 et/ou HBG2, qui jouent un rôle dans la production d'HbS chez les cellules souches. Des tests ont été réalisés sur des patients atteints de drépanocytose sévère. Grâce à l'intervention du système CRISPR-Cas9, une introduction significative de l'HbF dans leurs globules rouges a été effectuée avec succès, menant à une amélioration considérable et observable de leur état de santé.

Actuellement, ce traitement n'est pas encore appliqué directement sur les embryons humains. Toutefois, cette possibilité est envisageable et les scientifiques cherchent activement à mieux comprendre les effets et les limites de cette technologie. Leur objectif à long terme est de perfectionner l'utilisation de CRISPR-Cas9 afin de minimiser les risques et éventuellement modifier directement les gènes de l'embryon pour empêcher la transmission de maladies génétiques.

Limitations (1)

Malgré son potentiel révolutionnaire déjà mis en œuvre, la modification génétique d'embryons humains par la technologie CRISPR-Cas9 n'est pas sans risques. L'un des plus grands dangers est la possibilité de modifications accidentelles et indésirables de l'ADN qui pourraient aggraver le problème ciblé ou en causer d'autres. De plus, les scientifiques ne peuvent pas toujours prévoir les conséquences à long terme de telles manipulations.

Dans le cas de la drépanocytose, si un gène voisin du gène HBB subit une modification par erreur, ses fonctions essentielles peuvent être compromises et la sévérité de l'anémie pourrait augmenter de sorte que la capacité du sang à transporter l'oxygène soit réduite davantage. Aussi, cette erreur pourrait engendrer d'autres troubles sanguins liés à une production insuffisante d'hémoglobine, par exemple.

Mis à part les risques techniques, la modification génétique d'embryons humains soulève de nombreuses questions éthiques. Par exemple : est-il moralement acceptable de procéder à la modification du patrimoine génétique d'un embryon humain sachant que ces changements seront irréversibles et transmis aux générations suivantes sans leur consentement ?

Certes, manipuler l'ADN humain est fascinant et envisager de prévenir une maladie comme la drépanocytose avant la naissance s'apparente à un rêve. Or, la génétique nous réserve des défis considérables, et ces avancées ne doivent pas nous faire perdre de vue les enjeux qu'elles impliquent.

Références bibliographiques :

1. Tremblay JP. CRISPR, un système qui permet de corriger ou de modifier l'expression de gènes responsables de maladies héréditaires. médecine/sciences. [Internet].1 nov 2015 ;31(11) : 1014-22. Disponible sur : http://www.medecinesciences.org/10.1051/medsci/20153111016

2. Sharma A, Boelens JJ, Cancio M, Hankins JS, Bhad P, Azizy M, et al. CRISPR-Cas9 Editing of the HBG1/HBG2 Promoters to Treat Sickle Cell Disease. N Engl J Med. 31 aout 2023 ;389(9) : 820-32. Disponible sur : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10947132/

JE NE SUIS PAS TROP SEXY, MAIS JE COMPRENDS LES ORDIS

ZACHARIE DESROSIERS, GABRIEL LAPIERRE ET MAXIME LAPIERRE

Comprendre un ordinateur, c'est souvent associé à une hygiène personnelle douteuse, à un bureau sale et à une vie très solitaire. Une perception injuste pour ce qui est, en réalité, l'un des sujets les plus fascinants. Un ordinateur, c'est une machine qui ne parle pas le même langage que nous, ne compte pas comme nous et ne mémorise pas comme nous. Pourtant, elle peut faire les mêmes calculs que nous.

Que ce soit pour jouer à un jeu ou pour calculer la trajectoire d'une fusée, les ordinateurs jouent un rôle de plus en plus central dans notre quotidien. Pourtant, leur fonctionnement reste souvent enveloppé de mystère. Est-ce de la magie ? Pas du tout, et c'est même plus simple qu'il n'y parait. En construisant la machine morceau par morceau, vous allez apprendre le fonctionnement d'un ordinateur, du langage binaire à l'horloge interne. Comprendre comment un ordinateur fonctionne, c'est apprendre à maitriser l'outil que vous utiliserez le plus tout au long de votre vie. Prêts ? Alors, accompagnez-nous dans ce voyage au cœur du monde fascinant des machines.

000100101001

Pour un débutant, un ordinateur peut sembler complexe, mais inutile d'essayer de comprendre toute la machine d'un seul coup.

À la manière des pierres, les fils électriques sont la base des ordinateurs. Avec un fil, on peut faire deux opérations : laisser passer du courant ou ne pas en laisser passer. Autrement dit, un fil permet de transmettre deux états différents : « ouvert » ou « fermé », qu'on peut traduire par « 1 » ou « 0 ». C'est ce qu'on appelle la *logique binaire*, le langage fondamental de tous les ordinateurs.

Pour l'instant, vous êtes déjà familiers avec le système décimal ; pour compter, on progresse de 0 à 9. Lorsqu'on dépasse 9, on ajoute une dizaine et l'on remet l'unité à 0, donc après 9, c'est 10. En binaire, cela fonctionne de la même manière, mais on ne dispose que de deux chiffres : 0 et 1. On compte donc de la manière suivante : 0, 1, 10, 11, 100, etc.

Avec cette méthode simple, nous sommes désormais en mesure de représenter un chiffre seulement avec des fils électriques. Par exemple, pour écrire « 3 » avec deux fils électriques, on fait passer le courant dans les deux fils, car « 3 » en binaire s'écrit « 11 ».

Vous ne passerez pas (1)

Dans le monde des ordinateurs, il existe un petit composant qu'on retrouve absolument partout : le transistor. À première vue, il ne semble pas si séduisant, mais il joue un rôle fondamental dans le fonctionnement de toute machine numérique. On peut le voir comme un gardien qui décide si le courant passe ou non. Cependant, ce n'est pas un interrupteur classique, car ce n'est pas avec un doigt qu'il se commande, mais avec le courant lui-même.

C'est comme un château : une fois terminé, il impressionne par sa taille et sa complexité, mais à l'origine, ce n'était qu'un tas de pierres, qu'il a fallu patiemment agencer une à une.

Le principe est simple : un transistor possède une entrée, une sortie et une sorte de robinet contrôlable. Lorsque le robinet est ouvert, le transistor laisse passer le courant de l'entrée à la sortie. En revanche, s'il est fermé, le transistor ne laisse pas passer le courant.

Ce fonctionnement repose sur un matériau très spécial qu'on appelle un *semi-conducteur*. C'est un élément qui n'est ni bon conducteur ni bon isolant, mais quelque part entre les deux. Simplement en faisant varier son nombre d'électrons, on peut rendre un semi-conducteur plus ou moins conducteur, ce qui veut dire qu'il conduit mieux l'électricité. Vous pouvez vous imaginer un robinet avec lequel on peut faire varier le flux d'eau.

C'est en raison de ce simple mécanisme d'ouverture et de fermeture contrôlée que les transistors sont si importants dans les ordinateurs. En les combinant intelligemment, on peut construire des systèmes beaucoup plus complexes. Le transistor est le composant de base des ordinateurs. Il ne réfléchit pas, il ne devine rien, il obéit à une seule règle : laisser passer le courant ou non. (figure 2)

Toc Toc Toc (2)

En utilisant certaines combinaisons de transistors, on est en mesure de créer des portes logiques. En électronique, les portes logiques permettent d'accomplir certaines tâches selon leur fonction. Dans l'arithmétique régulière, les opérateurs classiques sont l'addition et la soustraction. Dans notre cas, les portes logiques sont les opérateurs de l'algèbre binaire. La porte « ET » a deux entrées et une sortie. Si une des deux entrées reçoit un courant, rien ne se passe, mais si les deux en reçoivent, la porte logique va laisser passer un courant à la sortie. Bref, lorsqu'il y a du courant à l'entrée 1 et à l'entrée 2, il y aura du courant à la sortie.

En changeant l'arrangement des transistors, on est capable de créer plusieurs autres types de porte logique ; la porte « OU », par exemple. Si l'entrée 1 et/ou l'entrée 2 reçoivent du courant, alors la porte va laisser sortir le courant. Une autre porte logique importante est le « OU exclusif ». Cette porte logique fonctionne un peu comme le « OU », à l'exception du cas où le courant est présent aux deux entrées, alors la porte ne laisse pas sortir le courant. (figure 1)

Opérations de la porte logique ET		
Entrée 1	Entrée 2	Sortie
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Figure 1 Table de vérité de la porte logique ET. *Image créée à l'aide du logiciel Excel. Source : Maxime Lapierre. 2025.*

01 + 01 =10 :

En binaire, les mathématiques fonctionnent comme dans le système décimal : on change seulement la représentation du nombre. Deux nombres peuvent être représentés à partir de deux séries de fils, mais comment les additionner ?
On peut simplifier le tout grâce à

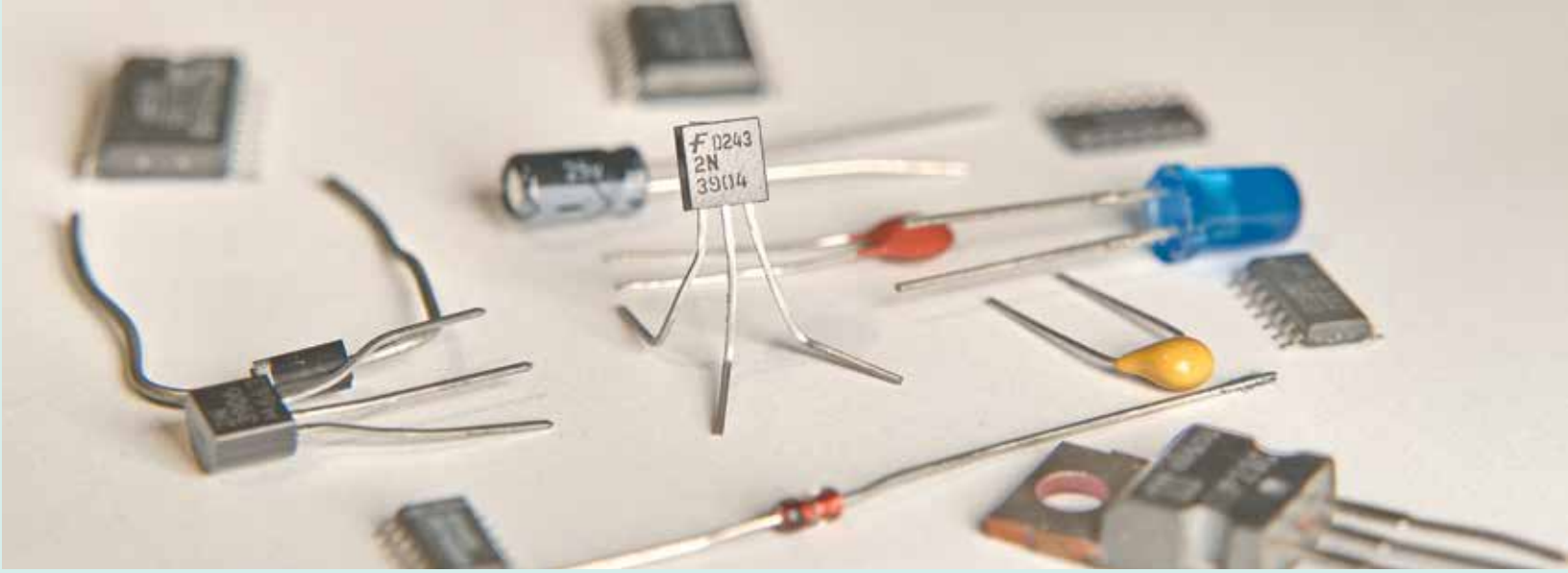


Figure 2 Transistor 2N3094 de type NPN. Photo prise par Gabriel Lapierre. 2025.

l'addition en colonne. Cette technique nous permet de considérer les chiffres individuellement.

On peut donc traiter une unité à la fois en commençant par les plus petites. Dans cette nouvelle situation, on doit simplement additionner trois entrées : un chiffre du premier nombre, un du deuxième et la retenue produite par l'unité d'avant. Pour la première unité, on n'a pas de retenue, car c'est la première addition, donc on peut la considérer comme nulle. Le résultat peut donc être représenté par deux bits, puisque leur somme, s'ils étaient tous « 1 », sera « 3 », soit « 11 » en binaire.

En abordant le problème avec cette approche simple, on est capable de bien définir le comportement système. Cela s'appelle une *table de vérité*. On peut ensuite reproduire ce comportement à l'aide d'une suite de portes logiques. Il suffit de les placer les unes à la suite des autres, en reliant les retenues, et on obtient un circuit capable d'additionner deux nombres de quatre bits.

En ce qui concerne les autres opérations, on est capable de soustraire, à l'aide de l'addition, en additionnant l'inverse. Puis, on peut multiplier et diviser à l'aide d'une suite d'additions en plusieurs étapes. (figure 3)

C'était mieux dans les livres

Lorsque vous utilisez de nombreuses formules dans un calcul, vous avez besoin de revenir en arrière pour revoir vos résultats intermédiaires. Cependant, vous disposez d'un avantage : les résultats intermédiaires se trouvent toujours sur votre papier.

Faire des calculs sur un ordinateur, c'est comme travailler sur une petite table : vous ne pouvez pas conserver tous vos papiers sur une si petite surface. À chaque nouvelle opération, vous devez faire de la place… donc effacer ce qu'il y avait avant. L'ordinateur n'a pas le luxe de maintenir actifs tous ses calculs en même temps. Alors, s'il a besoin du résultat de son calcul précédent pour finir son calcul actuel, il va devoir conserver le résultat dans une mémoire.

$$\begin{array}{r} {\scriptstyle 1\ 1\ 1\ \ \ 1\ 1} \\ 10010110 \\ +01110011 \\ \hline 100001001 \end{array}$$

Figure 3 Addition en étage de deux nombres binaires. Image créée par Gabriel Lapierre. 2025.

Si on simplifie le tout, on peut comparer la mémoire à une grande bibliothèque. Chaque résultat que l'on veut garder sera inscrit dans un livre. Lorsque l'ordinateur a besoin d'un résultat intermédiaire, il n'a qu'à chercher le bon livre pour trouver ce qu'il veut.

Tic, tac, tic, tac…

Un ordinateur ne décide pas à quelle vitesse il calcule, c'est nous qui la choisissons au moment où nous le construirons. De plus, en informatique, on ne parle pas vraiment de vitesse, mais plutôt de *fréquence*. C'est comme un métronome : plus la fréquence est élevée, plus la musique sera rapide.

Chaque battement, l'ordinateur avance son calcul d'une opération. Par exemple, si l'on calcule 1+2+3, la machine fera 1+2=3, puis 3+3=6. On voit aussi que l'ordinateur utilise un résultat intermédiaire, le chiffre souligné a été inscrit dans la mémoire et il a été lu dans la deuxième opération.

Dans nos ordinateurs modernes, les fréquences des ordinateurs atteignent des valeurs gigantesques, ce qui peut donner l'impression que la machine effectue des calculs de manière instantanée. Malheureusement, ce n'est pas le cas, mais ça reste très rapide. Actuellement, nous utilisons les vibrations de petits cristaux pour créer une fréquence dans les ordinateurs, ce qui nous permet d'atteindre des fréquences de l'ordre du gigahertz, soit un milliard de cycles par seconde.

Valse informatique

Loin d'être cette boite noire magique, l'ordinateur se révèle être une machine empreinte de logique, de mémoire et de courants électriques qui changent au rythme d'une horloge. Lorsqu'on utilise un ordinateur (en jouant à un jeu ou en regardant un film, par exemple), son fonctionnement peut nous sembler mystérieux. Mais en le regardant de plus près, on observe une multitude de transistors qui laissent passer ou non le courant dans une sorte de danse synchronisée sur le tempo de l'horloge.

Références bibliographiques :

1. Lilen H. Cours pratique de logique pour microprocesseurs. Paris : Éditions Radio ; 1986. 260 p.
2. Kuntzmann J. Algèbre de Boole. 2e éd. rev. et augm. Paris : Dunod ; 1968. 361 p. (Bibliothèque de l'automaticien).

UNE VIANDE SANS MORT

ALEXANDRINE BEAULIEU, LAVINIA MITITELU ET DANIELA RAYMUNDO SEOLINO

Nous sommes en 2225. L'air est souillé, l'eau polluée et l'herbe asséchée. Nous sommes entourés d'abattoirs remplis de bétail, conçus pour tenter de répondre aux besoins d'une population en constante expansion.

Cet univers n'est peut-être pas si fictif. Nous savons que la viande d'élevage est le deuxième secteur produisant le plus de gaz à effet de serre (GES) au monde. En effet, selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), il correspond, à lui seul, à 12 % des émissions mondiales et ce nombre ne cesse d'augmenter. En 2020, 337 millions de tonnes métriques de viande ont été produites (1), soit l'équivalent d'environ 660 785 vaches (figure 1) ou encore l'équivalent d'environ 1 837 avions de modèle Boeing 747. En 1961, cette valeur était de 71 millions. La réalité est sans appel : si nous ne changeons pas nos habitudes de vie, nous finirons par manquer de ressources pour élever les animaux. Pour preuve, la FAO estime qu'en 2050, la consommation de viande augmentera de 70 %. Quant au taux de GES, il sera tel qu'il n'y aura plus de retour en arrière possible. L'humanité en mourra.

C'est ici qu'intervient la viande cultivée, une alternative prometteuse qui pourrait bouleverser notre façon de consommer la viande tout en réduisant l'impact écologique de notre alimentation. Mais qu'est-ce que la viande cultivée, exactement ? Et comment peut-on produire de la viande sans abattage ?

Cultiver de la viande, ça veut dire quoi ?

La viande cultivée, aussi appelée *viande in vitro* ou *viande cellulaire*, est produite à partir de vraies cellules animales qui se développent en laboratoire plutôt que dans un animal. Contrairement aux substituts végétaux qui imitent le gout et la texture de la viande, la viande cultivée est composée des mêmes cellules musculaires, de graisse et de protéines que la viande traditionnelle.

L'idée est simple : au lieu d'élever un animal entier pendant des mois, on cultive directement ce qui nous intéresse, à savoir le muscle.

D'où viennent les cellules utilisées ?

La base de la viande cultivée repose sur des cellules animales capables de se multiplier et de se transformer en fibres musculaires. Ces cellules sont généralement obtenues par une simple biopsie, un prélèvement minime de tissu musculaire sur un animal vivant, sans douleur ni conséquence grave pour celui-ci. La biopsie est un procédé médical qui consiste à prélever un échantillon de tissu ou de cellules d'un organisme pour l'analyser, et dans notre cas, pour le cultiver en laboratoire. Avant le prélèvement, l'animal est souvent soumis à une anesthésie locale afin d'éviter toute douleur pendant l'intervention. Ensuite, une aiguille fine, attachée à une seringue, est insérée dans le muscle de l'animal pour prélever un petit échantillon de tissu musculaire. Dans certains cas, une petite incision peut être réalisée pour insérer l'aiguille. Une fois l'échantillon obtenu, les cellules vivantes du muscle sont mises en culture dans un environnement contrôlé, permettant ainsi leur développement et la formation de tissus musculaires qui pourront être utilisés pour produire de la viande cultivée. La procédure est généralement rapide et non invasive, et l'animal se remet rapidement après l'intervention, ce qui permet de minimiser toute souffrance et de garantir son bienêtre. Ce petit échantillon contient les éléments clés nécessaires à la croissance de la future viande. Mais toutes les cellules ne sont pas adaptées pour ce processus. Les scientifiques privilégient des cellules spécifiques :

Les cellules satellites musculaires : ce sont des cellules souches naturellement présentes dans les muscles des animaux. Elles ont la capacité de se multiplier et de former de nouvelles fibres musculaires, exactement comme elles le font lors de la régénération des muscles après une blessure.

Les cellules souches pluripotentes : ces cellules ont la particularité de pouvoir se transformer en différents types cellulaires (muscles, graisses, etc.). Elles offrent un potentiel intéressant pour produire une viande aux qualités nutritionnelles variées. (2)

Figure 1 Crédit : Adobe Stock Photos

MODE D'EMPLOI

Pour concevoir de la viande en laboratoire, il faut suivre les trois grandes étapes suivantes : la prolifération, la différenciation et la maturation. (figure 2)

1. Prolifération

Un des aspects les plus importants de la production de la viande artificielle, c'est la prolifération des cellules. Ainsi, on veut qu'elles puissent se multiplier pour produire d'autres cellules de façon exponentielle, mais contrôlée, et ce, grâce à un régulateur. En effet, il est important pour les scientifiques de les garder sous contrôle pour limiter les possibilités de mutations. Pour ce faire, à la suite de la biopsie, les spécialistes mettent les cellules prélevées de l'animal dans un milieu favorable à leur prolifération, comme un bioréacteur. Il s'agit d'une machine simulant l'environnement et les conditions in vivo des cellules : elle abaisse le pH du milieu (milieu plus acide) et reproduit la température du milieu ambiant du corps d'un animal. De plus, des mouvements musculaires naturels de l'animal sont imités grâce à des stimulateurs mécaniques et électriques. Ces derniers sont produits grâce à un système de réacteurs (électrodes) basés sur une dynamique contrôlée de compression cellulaire se basant sur l'environnement in vivo. Aussi, les scientifiques tapissent le bioréacteur d'un biomatériau. Ce dernier sert de support temporaire ayant pour but de multiplier, d'aligner et de fusionner en fibre les cellules. Dans ce bioréacteur, les scientifiques apporteront les éléments nutritifs dont les cellules ont besoin (acides aminés, énergie, etc.). Ainsi, les cellules formeront des fibres plus structurées et solides. (2)

2. Différenciation

Après la phase de prolifération, certains traitements sont appliqués au milieu de culture pour créer du muscle, de la graisse ou encore du tissu conjonctif (tissu de soutien). Ainsi, des changements sont apportés au milieu pour qu'il se rapproche le plus possible de celui dans l'animal. De plus, on ralentira la prolifération des cellules en diminuant la quantité des éléments nutritifs. Si les scientifiques veulent produire de la graisse, par exemple, ils ajouteront plus de lipides et de glucides, puisqu'il s'agit de molécules organiques contenues dans les parties grasses des animaux. Le muscle, quant à lui, contient plus de fusions entre les myoblastes (cellules souches). Ces derniers forment des myotubes qui produisent des fibres musculaires. Pour finir, le tissu conjonctif, lui, se produit dans un environnement

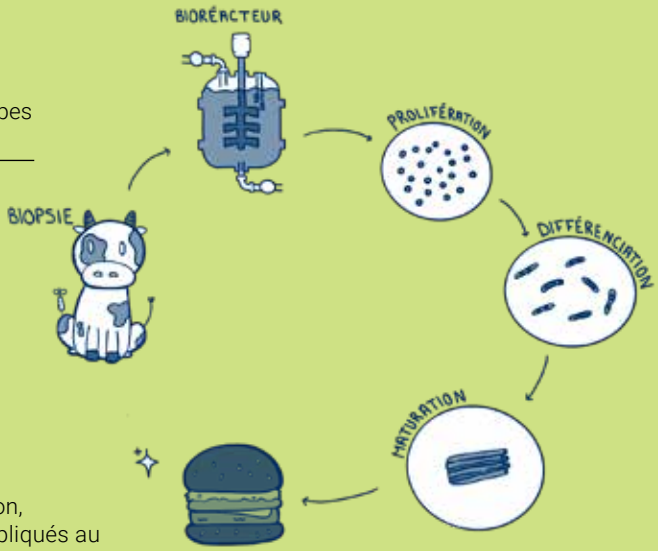


Figure 2 Dessin réalisé par Lavinia Mititelu, avril 2025

constitué davantage de collagène et d'élastine. Ces substances sont des protéines structurales qui permettent aux cellules de se lier et aux tissus biologiques de se former. (2)

3. Maturation

La maturation consiste à apposer les cellules différenciées sur une structure comestible. Cette structure est composée de protéines fibreuses appelées un *échafaudage*. Il permet la prolifération des cellules ainsi que l'organisation de celles-ci tout en permettant la circulation de nutriments. Cet apport de nutriments permet aussi de renforcer la différenciation des cellules en muscle, en graisse ou en tissu conjonctif. (3)

Donner une structure à la viande in vitro

Nous nous retrouvons, par la suite, avec une viande ayant une texture de viande hachée. C'est un peu ennuyeux. Donc, pour obtenir différentes coupes de viande, comme le steak, une des avenues envisagées est d'utiliser une imprimante 3D qui utilise des matériaux cellulaires à la place d'une matière inorganique. Couplée à un échafaudage, l'impression 3D va déposer, couche par couche, les cellules qui vont finalement former de la viande structurée et complexe. Imaginez une figurine en papier mâché sur support : le papier, c'est la cellule ; le support, c'est l'échafaud. (3)

Les difficultés

On doit surmonter plusieurs difficultés techniques pour produire de la viande en laboratoire. À ce jour, plusieurs techniques existent. Les plus éthiques demandent un plus grand investissement de temps et d'argent. Ainsi, le cout de production est très élevé à cause du prix du matériel et des ajustements techniques. De plus, les investisseurs sont réticents à l'idée d'investir dans un produit dont la demande pourrait être faible. La texture, quant à elle, n'arrive pas à simuler toutes les sortes de coupes de viande à la perfection. Cependant, pas d'inquiétude ! Malgré toutes ces difficultés, trois pays ont déjà commencé à vendre de la viande in vitro ; les États-Unis (Washington DC et San Francisco), Singapour et Israël. (figure 3)

Maintenant, retournons en 2225. L'environnement est plus sain, les océans plus cristallins et les zones rurales plus vastes. La souffrance animale, elle, a pris fin il y a quelques années déjà et la biodiversité renait paisiblement après la commercialisation de la viande cultivée. Reste à savoir si nos assiettes sont prêtes à l'accueillir !

Figure 3 Produit final de viande cultivée dans un pétri. Source : Envato Elements pic [Internet]. 2023 [cité le 2 avril 2025]. Disponible sur : https://www.freemalaysiatoday.com/category/leisure/2023/02/07/lab-grown-meat-created-with-algae-set-to-take-root/

Références bibliographiques :

1. Risner D, Negulescu P, Kim Y, Nguyen C, Siegel JB, Spang ES. Environmental Impacts of Cultured Meat: A Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment. ACS Food Sci Technol. 17 janv 2025 ;5(1) : 61-74. Disponible sur : https://escholarship.org/content/qt61r615h5/qt61r615h5.pdf?t=sr3q4v
2. Hocquette JF, Chriki S, Ellies-Oury MP. Une alimentation sans agriculture demain : la « viande » produite en laboratoire ? In: Le Déméter 2023 [Internet]. 1re éd. IRIS éditions ; 2023 [cité 28 févr 2025]. p. 141-59. Disponible sur : https://shs.cairn.info/le-demeter-2023--0011662119-page-141
3. Kulus M, Jankowski M, Kranc W, Golkar Narenji A, Farzaneh M, Dzięgiel P, et al. Bioreactors, scaffolds and microcarriers and in vitro meat production—current obstacles and potential solutions. Front Nutr. 6 sept 2023 ;10 h 11

FINISSANT(E)S EN SCIENCES DE LA
ET LEURS PRO

NATURE DU CÉGEP DE VALLEYFIELD
OFESSEUR(E)S

LA DÉPENDANCE AUX OPIOÏDES : UNE PENTE GLISSANTE…

LAURENCE PILON ET MÉGANE MICHAUD-MARLEAU

La dépendance aux opioïdes est un problème sérieux qui a causé 6 306 décès au Canada en 2020, ce qui représente en moyenne 17 décès par jour. (1) Un nouveau médicament promet de remplacer les opioïdes dans le traitement de la douleur aigüe ; serait-ce trop beau pour être vrai ?

Imaginez-vous : vous faites du ski, puis un faux mouvement et BAM ! Vous vous retrouvez couché sur la neige avec une douleur horrible au genou. Le médecin vous diagnostique une déchirure dans le genou et l'on vous amène en chirurgie. Après ça, on vous renvoie à la maison avec 60 comprimés d'oxycodone, un médicament puissant contre la douleur. Deux semaines plus tard, il ne vous reste plus aucun comprimé. Le problème, c'est que le médecin ne peut pas vous en represcrire et le Tylenol et le Naproxen ne font simplement pas l'affaire. Vous êtes encore en douleur. Votre ami vous parle d'une connaissance qui vend de l'oxycodone pour pas trop cher, alors vous commencez à lui en acheter régulièrement. Vous n'avez vraiment pas le choix, sinon la douleur est trop intense. Cependant, lorsque vous aurez pris votre dose, vous pourriez ne pas vous sentir bien, vous pourriez vous endormir et ne jamais vous réveiller, car il pourrait y avoir du fentanyl dans votre oxycodone…

C'est un peu choquant, non ? Pourtant, c'est la réalité de plusieurs personnes qui se font prescrire des opioïdes après une blessure ou une chirurgie et qui deviennent dépendantes aux opioïdes. Heureusement, un nouveau médicament pourrait contribuer à combattre la crise des opioïdes qui touche surtout les États-Unis et le Canada : le Journavx®. C'est un médicament quasiment aussi efficace que les opioïdes, mais qui ne cause pas de dépendance. Comment est-ce possible ?!

Mais comment ressent-on la douleur ?

Avant de vous expliquer comment les opioïdes et le Journavx® atténuent la douleur, il faut d'abord comprendre comment notre corps nous signale que nous avons mal. Tout d'abord, lorsque nous ressentons une douleur dans une partie de notre corps, celle-ci nous est transmise jusqu'à notre cerveau par un influx nerveux, un message électrique, à travers une chaine de trois neurones. Les neurones sont des cellules nerveuses placées bout à bout et qui se transmettent des messages électriques.

Cela signifie que pour ressentir une sensation de douleur à n'importe quel endroit dans notre corps, le message doit absolument se rendre au cerveau. (2)

Les premiers neurones à détecter la douleur dans votre genou sont ceux qu'on appelle *neurone de premier ordre*. La détection de la douleur est rendue possible par des récepteurs spécifiques à la douleur appelés *nocicepteurs*, qui se trouvent sur une partie précise des neurones. Quand ces récepteurs détectent la douleur, cela entraine l'ouverture de canaux sodiques dits *voltage-dépendants*. Ces canaux sont comme des portes situées sur le neurone, qui s'ouvrent et se ferment en fonction des différences électriques entre l'intérieur et l'extérieur du neurone. (figure 1)

Les canaux étant maintenant ouverts, plusieurs ions de sodium (Na+) chargés positivement vont entrer rapidement dans le neurone, ce qui va modifier l'électricité à l'intérieur du neurone et créer un influx nerveux. Ce message électrique va finalement se rendre au cerveau, grâce aux neurones de premier, de deuxième et de troisième ordre, où il sera interprété comme de la douleur. C'est donc notre cerveau qui nous fait ressentir la douleur, car c'est lui qui reçoit toutes les informations provenant du reste du corps et qui interprète ces informations.

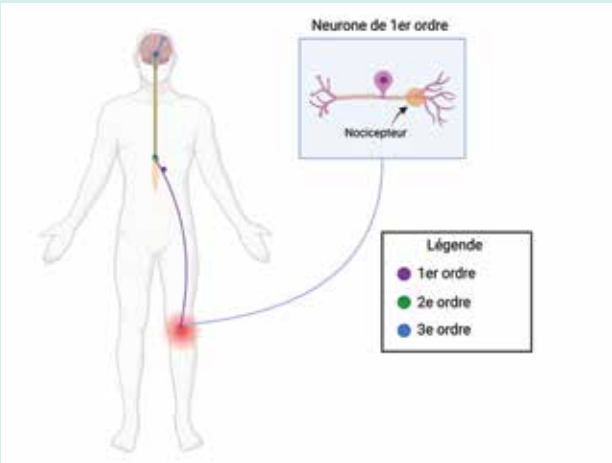


Figure 1 Douleur propagée dans le corps. Source : Mégane Michaud, illustration créée à l'aide du logiciel BioRender et de l'application GoodNotes, 2025, Salaberry-de-Valleyfield

Comment la dépendance s'installe-t-elle ?

Sachant maintenant comment la douleur est ressentie par notre corps, nous pouvons poser la question suivante : comment les opioïdes sont-ils aussi efficaces pour traiter la douleur et pourquoi est-il si facile d'y devenir accro ? Les opioïdes agissent dans le système nerveux central, c'est-à-dire dans le cerveau et dans la moelle épinière, pour diminuer la douleur. Ils agissent aussi sur un circuit du cerveau appelé le *circuit de la récompense*, car des récepteurs spécifiques aux opioïdes s'y trouvent. C'est grâce à ce circuit que les opioïdes vont déclencher une sensation de plaisir. Commençons par voir l'effet des opioïdes sur la perception de la douleur. D'abord, ils bloquent les signaux nerveux dans la moelle épinière avant qu'ils ne se rendent au cerveau. Ensuite, ils transmettent à la moelle épinière le message de « diminuer la douleur ». Finalement, ils réduisent la perception de la douleur dans le cerveau, ce qui la rend moins présente et moins dérangeante.

Maintenant, voyons pourquoi les opioïdes peuvent facilement causer des dépendances en nous concentrant sur le circuit de la récompense. Pour bien comprendre le fonctionnement du circuit, vous devez savoir ce qu'est la dopamine et la façon dont elle fonctionne. La dopamine est une molécule chimique qui agit comme messager ; elle déclenche l'influx nerveux qui se

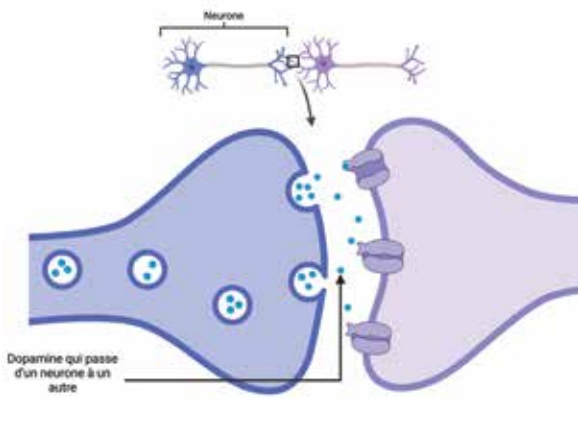


Figure 2 La propagation de la dopamine d'un neurone à un autre. Source : Mégane Michaud, illustration créée à l'aide du logiciel BioRender, 2025, Salaberry-de-Valleyfield

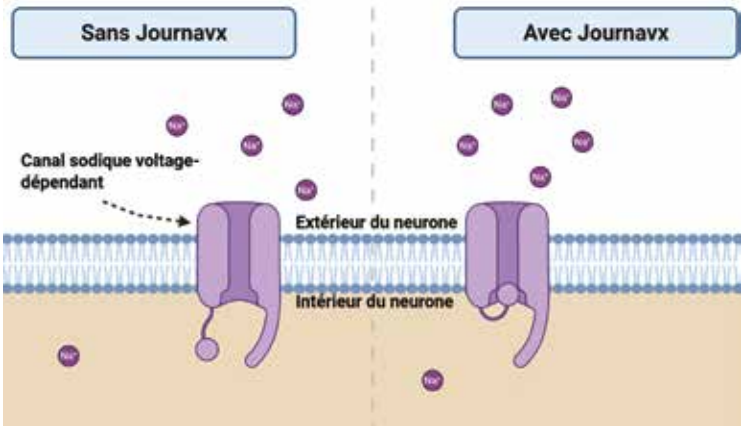


Figure 3 L'effet de Journavx sur les canaux sodiques voltage-dépendants. Source : Mégane Michaud, illustration créée à l'aide du logiciel BioRender, 2025, Salaberry-de-Valleyfield

rendra au cerveau. Lorsqu'on s'adonne à une activité agréable, comme manger du chocolat, le circuit de la récompense s'active. On peut comparer ce circuit à une course de relais dont les neurones forment la piste. Un premier neurone donne le départ en produisant de la dopamine, puis transmet l'influx nerveux au suivant qui, à son tour, sécrètera de la dopamine et ainsi de suite jusqu'à ce que l'influx nerveux arrive à destination.
Une fois arrivée à la fin du circuit, la dopamine déclenche une sensation de plaisir dans le reste du corps. Au fil du temps, le cerveau apprend ainsi à associer le chocolat au plaisir. C'est le même principe pour toutes les drogues agissant dans le cerveau, telles que les opioïdes, la caféine, l'alcool ou la nicotine. Toutes ces substances activent le circuit de la récompense, ce qui les rend addictives. Les opioïdes, en particulier, provoquent une libération très importante de dopamine. De plus, lorsque nous donnons des opioïdes à notre corps, ces derniers accélèrent le rythme de production de la dopamine. Le corps va s'habituer à ce rythme. Conséquemment, si l'on arrête la prise de telles substances, il n'en produira plus. Sans dopamine, la douleur ressentie sera plus forte et l'on aura de la difficulté à éprouver du plaisir. Ceci explique pourquoi il est difficile d'arrêter la prise de ces substances après les avoir consommées pendant un moment. (3) (figure 2)

Et Journavx® là-dedans ?

Journavx® est le nom commercial du médicament, mais son nom scientifique, qui désigne la molécule principale du médicament, est *suzetrigine*. Ce médicament a fait beaucoup parler de lui dans le milieu pharmaceutique, car c'est le premier antidouleur non opioïde approuvé depuis plus de 20 ans et il fait partie d'une toute nouvelle classe de médicaments.

Maintenant, la question qui brule les lèvres : comment se fait-il que Journavx® ne crée pas de dépendance ? Revenons à notre accident de ski, mais imaginons qu'au lieu de vous être fait prescrire de l'oxycodone après votre chirurgie, vous vous faites prescrire du Journavx®.
La molécule de suzetrigine va se lier à certains canaux sodiques voltage-dépendants sur les neurones de premier ordre, les bloquer et empêcher ainsi la création de l'influx nerveux.

Mais attention ! on ne veut pas fermer les portes de tous ces canaux puisqu'ils sont essentiels au bon fonctionnement du corps. Il y a 9 formes de canaux sodiques voltage-dépendant, numérotés *Nav1.1* à *Nav1.9*. Ils sont quasiment identiques ; seules leurs formes diffèrent légèrement. Celui que le suzetrigine va venir bloquer est le canal Nav1.8. Donc, en fermant ses portes, il va empêcher des ions de sodium (Na^+) d'entrer dans les neurones. Cela veut donc dire qu'il n'y a pas de grande activité électrique dans ces neurones ; il n'y a donc pas d'influx nerveux créé et transmis jusqu'au cerveau. Sans cette entrée d'ions, le cerveau ne reçoit pas l'information de la douleur. (figure 3)

Ainsi, contrairement aux opioïdes, ce médicament n'agit pas dans le cerveau. Il agit sur les neurones du système nerveux périphérique, qui se trouvent un peu partout dans le corps. En clair, la molécule de suzetrigine va cibler les neurones qui ne se retrouvent ni dans le cerveau ni dans la moelle épinière. Ainsi, si Journavx® ne se rend pas au cerveau, il ne peut pas avoir un impact sur le circuit de la récompense ; il ne va pas stimuler la production de dopamine dans le cerveau et ne va donc pas créer de dépendance. (2)

Enfin, pas surprenant que ce nouveau médicament fasse beaucoup parler de lui ! Il pourrait éviter à plusieurs personnes de se tourner vers des alternatives nuisibles et dangereuses pour soulager leur douleur. Toutefois, des questions persistent : sera-t-il aussi efficace qu'on l'espère et pourra-t-il aider à ralentir cette crise qui ne fait que prendre de l'ampleur ?

Références bibliographiques :

1. La crise des opioïdes au Canada [Internet]. [cité 4 avr 2025]. Disponible sur : https://lop.parl.ca/sites/PublicWebsite/default/fr_CA/ResearchPublications/202123E#a2.2
2. Dean O'Loughlin V, Stouter Bidle T, P.Mckinley M. Anatomie et physiologie (3e édition) [Internet]. 3e éd. Québec : Chenelière Éducation ; 2024 [cité 9 mars 2025]. 1568 p. Disponible sur : https://www.iplusinteractif.com/books/1568/2496/626427?userRole=student
3. Bruno Dubuc. LE CERVEAU À TOUS LES NIVEAUX ! [Internet]. [cité 5 mars 2025]. Disponible sur : https://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_03/i_03_cl/i_03_cl_par/i_03_cl_par.html

DE LA TERRE À UNE ORBITE GÉOSTATIONNAIRE : L'HISTOIRE D'UN SELFIE LÉGENDAIRE

JÉRÉMY QUINTAL, RÉMI POIRIER ET PETER MILEV

Suivez l'histoire de deux amis, grands amateurs de l'espace, voulant prendre une photo sensationnelle pour la diffuser en ligne… à l'aide d'un envoi de fusée ! Couchés dans l'herbe verte de Valleyfield, deux amis discutent…

SELLIE – Dis, s'il n'y avait qu'une seule chose que tu pourrais faire avant de mourir, quelle serait-elle?

PHILIDOR – *(Pensif)* Honnêtement, j'aimerais bien réussir à me prendre en photo de super loin avec les Amériques et le beau décor étoilé en arrière-plan sans rien pour m'importuner.

SELLIE – Ah oui, comment as-tu prévu d'y parvenir ?

PHILIDOR – En allant là-haut *(pointe vers le ciel)* dans les cieux, de sorte que ni l'atmosphère ni la lumière des villes ne puissent gêner cette merveilleuse scène. Toutefois, je ne sais pas comment partir vers l'espace…

SELLIE – Moi, j'ai une idée ! Pourquoi n'irais-tu pas dans l'espace en fusée ?

PHILIDOR – En fusée !? Pourquoi crois-tu que ça fonctionnerait ?

SELLIE – Grâce à de l'astrophysique !

PHILIDOR – L'astrophysique ? En quoi est-ce que cela aiderait ?

SELLIE – Eh bien ! C'est compliqué, mais je vais te simplifier ça : l'astrophysique nous permettra de déterminer comment aller dans l'espace, avec quelle force et pendant combien de temps notre fusée devra être active.

Sellie se lève tout en fixant les étoiles, puis regarde Philidor pendant un moment.

SELLIE – On va se rendre en Guyane française où se trouve la fusée Ariane 5 ; tu pourras t'introduire dans son deuxième étage.

PHILIDOR – On va voler la fusée !?

SELLIE – Non, bien sûr que non, on ne fait que l'emprunter. Elle permettra de te lancer dans l'espace et de rejoindre une orbite géostationnaire, c'est-à-dire immobile dans le ciel, vue de la planète Terre. Cette orbite est située à environ 36 000 kilomètres d'altitude.

PHILIDOR – C'est cool tout ça, Sellie, mais… comment est-ce qu'on se rend en Guyane française ? Je veux dire, on n'a même pas de quoi -…

Par pur hasard, le narrateur s'était trompé. En fait, nos deux amis se trouvent déjà en Guyane française et non au merveilleux Cégep de Valleyfield.

PHILIDOR – Là, par contre, on me doit une explication. Qu'est-ce qui vient juste d'arriver ? Primo, pourquoi est-ce qu'il fait chaud ? Et deuxio, pourquoi est-ce qu'il y a une fusée dans ma face ?!

SELLIE – Ne pose pas trop de questions.

PHILIDOR – Bon d'accord, mais comment est-ce que ce truc va pouvoir atteindre cette orbite géostationnaire exactement ?

SELLIE – Eh bien ! ça se fait en trois étapes : une première phase pour décoller, une deuxième phase pour s'élancer dans l'espace et une troisième phase pour changer de trajectoire.

Notre belle fusée, lors de la première phase de lancement, utilisera trois moteurs, combinant une force de poussée d'environ 12 millions de newtons ; c'est l'équivalent d'environ 16 000 chevaux qui poussent en même temps.

La première phase de lancement

Sellie saisit une branche et commence à l'agiter dans les airs.

SELLIE – Tout d'abord, la trajectoire de la fusée dépend de la masse de l'objet que nous allons envoyer vers cette orbite. Dans notre cas, la fusée et le satellite ont une masse initiale d'environ 777 000 kilogrammes.

PHILIDOR – Wow ! elle est puissante, la fusée !

SELLIE – Effectivement. Toute cette force est requise pour contrer la résistance de l'air et la force gravitationnelle qui ralentissent notre fusée.

SELLIE – Ensuite, on utilise cette force pour calculer l'accélération avec la deuxième loi de Newton (1), c'est-à-dire que l'accélération est égale à la force totale divisée par la masse. Toutefois, la masse ne sera évidemment pas constante parce qu'il y aura une certaine quantité de carburant expulsée lors de la poussée. Le taux d'éjection de ce carburant sera d'environ 4 tonnes par seconde lors de la première phase du vol ! Par la suite, grâce à un programme comme *Excel*, on peut calculer la trajectoire de lancement de la fusée. On calcule l'accélération et on détermine une position initiale sur l'équateur. Grâce à l'accélération, on peut ensuite calculer le changement de position et de vitesse de notre fusée. On recalcule ensuite une nouvelle accélération qui nous fournit le changement de position, de vitesse et ainsi de suite. Regarde, je vais formuler les équations dans Excel pour te les montrer… donne-moi une seconde, Excel prend 10 ans à calculer… (figure 1)

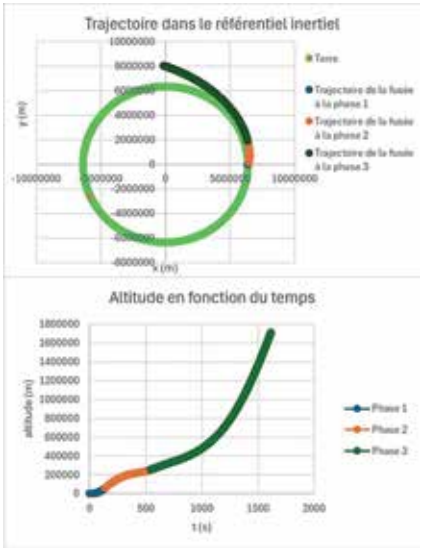


Figure 1 Démonstration de la trajectoire de la fusée ainsi que de son altitude en fonction du temps. Source : R. Poirier, J. Quintal, P. Milev.

Les deux attendent un bon moment qu'Excel fasse ses calculs.

SELLIE – OK, ça marche ! Alors, une fois que le carburant dans mes propulseurs sera épuisé, je les détacherai, puisque ce

sont des poids morts, et alors la phase 2 commencera.

PHILIDOR – D'accord, ce sera la fin de la phase 1 de ta trajectoire, mais qu'est-ce qui différencie la phase 1 de la phase 2, exactement ?

La deuxième phase de lancement

SELLIE – La phase 2 commence lorsqu'on décroche les propulseurs. Puisqu'il n'y aura désormais qu'un seul engin poussant la fusée vers l'avant, la force de poussée va drastiquement diminuer. Elle va diminuer jusqu'à environ 1 million de newtons. La masse de la fusée va également être réduite grâce au détachement des deux propulseurs. Ceci va également affecter la quantité de carburant utilisée par seconde, qui passera de 4 tonnes par seconde à ¼ de tonne par seconde. Sinon, toutes les formules employées lors de la phase 1 seront réutilisées lors de la phase 2. La phase 2 sera terminée lorsque le premier étage et le réacteur principal se seront détachés de la fusée.

PHILIDOR – Intéressant ! Est-ce qu'on peut prendre un selfie maintenant ?

SELLIE – Pas encore, il reste une dernière phase… LA TROISIÈME PHASE !!!

La troisième phase de lancement

PHILIDOR – Elle commence quand, cette troisième phase ?

SELLIE – Elle commence à la fin de la deuxième ; lorsque le premier étage se détache, on se laisse flotter dans l'espace et la phase 3 commence. Il reste seulement un petit moteur et le deuxième étage, où tu te trouveras. Ce qui est important maintenant, c'est la trajectoire. Alors, imagine un ognon, mais un ognon véritablement étrange fait de plusieurs couches d'air à la place de ses couches solides. En haut de l'ognon, on est plus loin du centre et, en bas, on est plus près. C'est exactement la définition de l'apogée, le point le plus loin de la Terre sur l'orbite, et du périgée, le point le plus près de la Terre sur l'orbite. Or, les couches que nous obtiendrons au début seront elliptiques et nous en voulons une circulaire. L'ognon de notre trajectoire aura un côté plus près du centre que l'autre. Il faudra changer cela.

PHILIDOR – Si je comprends bien, il faut une trajectoire circulaire, donc il faudra comme étirer le point le plus près du centre de notre ognon pour qu'il devienne parfaitement rond.

La troisième phase de lancement, partie deux : transfert d'orbite

Sellie sourit et commence à dessiner sur le sol avec son bâton.

SELLIE – Oui, c'est ça, donc, si l'apogée atteint l'altitude voulue avant le périgée, alors on peut utiliser un petit tour de magie qui se nomme le *transfert de Hohmann* (figure 2). C'est une manœuvre qui permet de modifier le périgée lorsqu'on est à l'apogée de l'orbite et vice versa. Nous voulons augmenter le périgée alors, une fois que notre fusée se sera rendue à son apogée, nous devrons rallumer notre petit moteur pour augmenter la vitesse. Or, en augmentant ou en diminuant le périgée, nous changerons d'orbite et, pour notre cas, en l'augmentant, nous nous rapprocherons d'une orbite circulaire. Alors, en accélérant à l'apogée, nous augmenterons l'altitude du périgée sans pour autant influencer l'altitude de notre apogée pour que les deux se rejoignent à 36 000 km.

PHILIDOR – Alors, comme ça, je pourrai atteindre une orbite circulaire géostationnaire et prendre mon selfie.

SELLIE – Oui, c'est ça. Bon, allez, vas-y, embarque.

Philidor se hâte et monte à bord du deuxième étage d'Ariane 5 ; cependant, il se pose une dernière question…

Dring dring

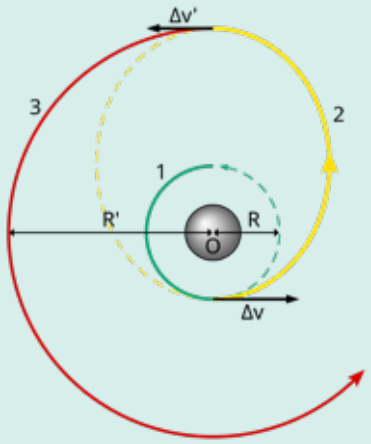


Figure 2 Schéma du transfert de Hohmann. Source : LEAFNODE, Bartkowiak H. [Internet]. 2007 [cité 11 avril 2025]. Disponible : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/df/Hohmann_transfer_orbit.svg/1707px-Hohmann_transfer_orbit.svg.png

Figure 3 Décollage de la fusée Ariane 5. Source : ESA/CNES/Arianespace/Optique Vidéo du CSG - JM Guillon [Internet]. 2021 [cité 11 avril 2025]. Disponible : https://esawebb.org/images/potm2201a/

SELLIE – Oui, allo ?

PHILIDOR – Hey ! euh… Sellie, comment est-ce que je vais revenir, après ?

SELLIE – Ah bah ! pour ça, je ne sais pas, hein ; tu le demanderas au narrateur ou à quelqu'un là-bas.

PHILIDOR – QUOI ? Mais il n'y a personne !

SELLIE – N'oublie pas de m'envoyer la photo ; bon voyage ! Eeeeeeeet DÉCOLLAGE ! (figure 3)

La fusée active ses propulseurs et s'envole, emportant Philidor, criant « À l'aide !!! », pour qu'il puisse finalement prendre son selfie.

Fin.

Références bibliographiques :

1. Pelletier D. Introduction à l'astronomie et à l'astrophysique. 5e édition. 343 pages. [cité 11 avril 2025]. Disponible sur : https://astrovalleyfield.com/AstronomieCompl/accueill.html
2. Taylor JR. Classical Mechanics. États-Unis : University Science Books; 2005, 786 pages.

LE SUPERPOUVOIR DES DORITOS

ÉMILIE BENOIT ET MILLIE LEBOEUF

Et si je vous disais que le colorant qui donne la couleur à vos Doritos pourrait révolutionner l'imagerie médicale en rendant votre peau temporairement transparente ?

Des chercheur(-euse)s de l'Université de Stanford ont découvert que, lorsqu'il est appliqué sur la peau des souris vivantes, un colorant couramment utilisé permet d'observer à l'œil nu leurs organes et leurs mouvements en temps réel. Même si cela semble difficile à croire, l'explication de ce phénomène est plus simple que ce que vous pourriez imaginer.

Pourquoi la peau est-elle opaque ?

Tout d'abord, pour comprendre ce phénomène, il faut se demander pourquoi la peau est naturellement opaque. La principale source de cette opacité est la réfraction de la lumière dans la peau. Mais qu'est-ce que la réfraction, exactement ? Vous avez probablement déjà remarqué que, lorsque vous regardez une paille plongée dans un verre d'eau, la paille semble brisée ou pliée. Nous avons cette impression, car la lumière change de direction entre ces deux milieux. C'est ce phénomène qu'on appelle la *réfraction*.

Lorsqu'on parle de réfraction, on va souvent parler de l'indice de réfraction. L'indice de réfraction est une propriété d'un milieu qui décrit à quel point la lumière est ralentie lorsqu'elle entre dans celui-ci. En d'autres mots, plus l'indice de réfraction d'un milieu est élevé, plus la vitesse de la lumière dans ce milieu est petite.

Lorsqu'un rayon de lumière passe d'un milieu qui a un petit indice de réfraction à un milieu qui a un indice de réfraction plus élevé, le rayon de lumière va ralentir et dévier de sa trajectoire initiale. Pour illustrer ce phénomène, imaginez que vous lancez une balle dans l'eau. Au moment où cette balle passe de l'air à l'eau, elle est immédiatement ralentie et change de direction. C'est à peu près le même principe avec la lumière.

La peau est principalement constituée d'eau, de lipides et de protéines. Cependant, l'indice de réfraction de l'eau est plus petit que celui des deux autres. Lorsque la lumière passe de l'eau à une structure constituée de lipides ou de protéines, elle change donc de direction. Comme la peau contient énormément de cellules, toutes constituées en partie d'eau, de lipides et de protéines, la lumière est déviée de sa trajectoire un très grand nombre de fois. Par conséquent, la lumière ne traverse pas toute l'épaisseur de la peau en ligne droite. C'est ce qui donne l'aspect opaque à la peau.

La tartrazine : l'ingrédient magique

Aussi connue sous le nom de *FD&C jaune no 5* ou *E102,* la tartrazine est un colorant synthétique couramment utilisé dans les produits alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques afin de rendre leurs couleurs plus attrayantes aux yeux des consommateurs. Vous la retrouverez, par exemple, dans vos boissons, bonbons et céréales, mais aussi dans certains médicaments et produits de soin pour le corps. (figure 1)

Vous vous demandez surement quel lien les Doritos peuvent avoir avec cette découverte scientifique. En fait, la clé de cette expérience se trouve dans la tartrazine, le colorant qui leur procure leur teinte orangée.

Des résultats surprenants

Des chercheur(-euse)s de l'Université de Stanford ont fait des découvertes très intéressantes qui ont permis de faire un lien entre la tartrazine et la transparence de la peau des souris. On a d'abord appliqué une solution aqueuse de ce fameux colorant sur la peau rasée de la tête d'une souris. On a ensuite utilisé l'imagerie de contraste par taches laser. Normalement, ce type d'imagerie nécessite de retirer le cuir chevelu pour pouvoir observer les vaisseaux sanguins du cerveau. Cependant, grâce à l'application de la solution de tartrazine, les scientifiques ont réussi à observer les structures principales de ces vaisseaux sanguins à travers la peau de la souris. En plus de l'avoir appliquée sur la peau du crâne, les chercheur(-euse)s ont injecté la solution de tartrazine directement dans le cuir chevelu de la souris, et les résultats ont été très similaires à ceux obtenus lors de l'application sur la peau. Cela pourrait donc devenir une bonne alternative pour rendre transparente la peau des animaux ayant une peau plus épaisse.

Figure 1 Tartrazine sous forme de poudre. Source : Générée par l'intelligence artificielle. Freepik. [cité 7 avr 2025]. Free text-to-image generator | Freepik AI.

Les chercheur(-euse)s ont également appliqué une solution de tartrazine sur l'abdomen d'une souris. En plus de prendre une teinte rouge, le ventre de la souris est devenu transparent. On a réussi à observer ce phénomène à l'œil nu sans aucun appareil d'imagerie. On a pu voir les organes internes à travers la peau de la souris, comme l'intestin grêle, le foie et la vessie. On est même parvenu à apercevoir les mouvements des organes, dont le péristaltisme, soit les contractions musculaires qui permettent de déplacer la nourriture dans le système digestif.

Ce qui est intéressant avec ce phénomène, outre qu'il permet de voir les vaisseaux sanguins, les organes ainsi que les mouvements internes en temps réel sans faire la moindre incision, c'est qu'il est complètement réversible. En effet, il est possible d'annuler les effets de transparence de la peau en ne faisant que la rincer et la masser avec de l'eau.

Mais comment la tartrazine donne-t-elle la transparence à la peau de la souris ? On pourrait penser que, comme c'est un colorant, la tartrazine va, au contraire, contribuer à rendre la peau encore plus opaque. Cependant, il existe une relation entre l'absorption d'une solution de colorant et l'indice de réfraction de celle-ci. En effet, cette relation montre qu'un colorant qui absorbe la lumière ultraviolette et la lumière bleue aura une

Crédit : Adobe Stock Photos

augmentation de son indice de réfraction à la lumière rouge et infrarouge. C'est le cas, notamment, de la tartrazine.

La lumière est une onde. Plus ses oscillations sont rapprochées, plus la longueur d'onde de la lumière est petite. Or, la longueur d'onde de la lumière détermine sa couleur. La tartrazine a un maximum d'absorption dans l'ultraviolet et le spectre de la lumière bleue : plus précisément lorsque la lumière a une longueur d'onde de 257 nm ou de 428 nm, ce colorant ne la laisse pas passer. Lorsque la tartrazine est dissoute dans l'eau à une assez grande concentration, l'indice de réfraction de l'eau va augmenter dans le spectre de la lumière rouge et infrarouge. C'est pour cette raison qu'au moment de l'étendre sur la peau de la souris, la peau est devenue transparente. En augmentant, l'indice de réfraction de l'eau s'est rapproché de celui des lipides et des protéines de la peau, jusqu'à devenir à peu près égal. Ainsi, grâce à l'application de la solution de tartrazine sur la peau de la souris, les rayons de la lumière font beaucoup moins de réfraction et sont alors moins déviés de leur trajectoire. La figure 2 illustre ce phénomène. (1)

Et sur les humains, ça donnerait quoi ?

En procédant à des recherches et à des expérimentations plus approfondies, des scientifiques envisagent de reproduire l'expérience sur les êtres humains. Or, comme vous pouvez vous en douter, la composition et l'épaisseur de la peau d'une souris diffèrent grandement de celles de la peau humaine, ce qui peut rendre les résultats de l'expérience incertains.

En effet, pour obtenir des résultats comparables, il faudrait que la peau humaine ait une absorbance semblable à celle des souris, ce qui n'est pas le cas. À vrai dire, l'épaisseur de la peau humaine empêcherait la tartrazine de pénétrer en profondeur, ce qui ne permettrait pas d'observer les organes internes, comme il a été possible de le faire avec la souris. De plus, la concentration de tartrazine nécessaire pour un tel résultat serait beaucoup trop élevée et pourrait comporter des risques pour la santé humaine. Toutefois, avec un bon dosage et en ciblant une partie du corps où la peau est moins épaisse, il pourrait être possible d'observer ce qui se trouve à l'intérieur de celle-ci. (2)

Possibles avancées médicales

Cette découverte pourrait bien être révolutionnaire dans le monde de l'imagerie médicale en offrant aux patients une technique non invasive et tout à fait réversible. Elle pourrait, par exemple, permettre aux médecins de détecter des cancers superficiels de la peau plus facilement sans avoir recours à la biopsie.

Cette méthode pourrait également faciliter les prises de sang en rendant les veines visibles à l'œil nu. Les infirmier(-ière)s auraient ainsi plus de facilité à les repérer, ce qui rendrait le processus plus rapide et moins douloureux. Elle pourrait aussi permettre le retrait au laser des tatouages avec une meilleure précision, en concentrant les rayons directement sur les pigments d'encre. Finalement, les scientifiques pensent qu'une telle méthode pourrait éventuellement remplacer certains examens nécessitant les rayons X. (2) (3)

Il ne faut pas oublier que l'expérience n'a été testée que sur des souris. Par conséquent, de nombreux tests et essais cliniques seront nécessaires avant d'être reproduits sur les humains. D'ici là, n'ayez crainte. Vous pouvez continuer à déguster vos Doritos en toute tranquillité, ils ne vous rendront pas transparents !

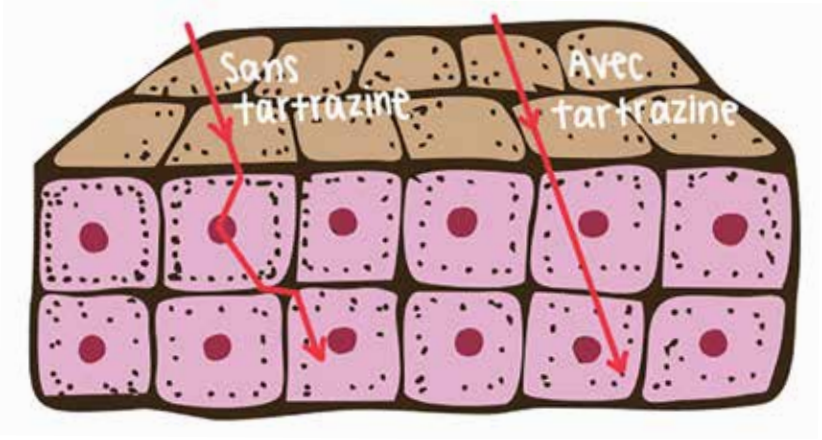


Figure 2 Un rayon de lumière qui traverse les cellules de la peau avec et sans application d'une solution de tartrazine. Source : Evendrare, modifié par Leboeuf M.— Pixabay [Internet]. [cité 6 avr 2025]. Disponible sur : https://pixabay.com/fr/illustrations/cubique-stratifi%c3%a9-7126571/

Références bibliographiques :

1. Ou Z, Duh YS, Rommelfanger NJ, Keck CHC, Jiang S, Brinson K, et al. Achieving optical transparency in live animals with absorbing molecules. Science [Internet]. 6 sept 2024 [cité 14 févr 2025] ;385(6713). Disponible sur : https://www.science.org/doi/10.1126/science.adm6869
2. Labelle A. Radio-Canada. Radio-Canada.ca ; 2024 [cité 14 févr 2025]. Le colorant de vos Doritos pourrait transformer l'imagerie animale. Disponible sur : https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2106124/colorant-alimentaire-tartrazine-peau-souris-transparente
3. A. Miller J. Using a common food dye, researchers made mouse skin transparent | Stanford University School of Engineering [Internet]. 2024 [cité 7 avr 2025]. Disponible sur : https://engineering.stanford.edu/news/using-common-food-dye-researchers-made-mouse-skin-transparent

JOUER AVEC LE TEMPS… ÇA SE PEUT ?

CHARLOTTE BOYER ET ÉLOÏSE JONCAS

À première vue, le temps et la structure géologique de la Terre semblent faire partie de mondes différents, mais détrompez-vous ; ces dernières années, leurs interactions et les conséquences de ces interactions ont été observées.

Un beau matin, vous partez pour l'école, vous ouvrez *Waze* pour éclairer votre chemin et, drôlement, l'application ne se lance pas. Vous réessayez des dizaines de fois ; toujours rien. Vous prenez la route sans GPS et vous arrivez en retard. Arrivé à l'école, vous ouvrez Snapchat pour raconter votre merveilleux matin à vos amis. Surprise ! L'application ne fonctionne plus. Le soir même, vous rentrez à la maison, épuisé ; vous voulez juste vous coucher devant *Family Guy*, mais *Disney+* ne démarre pas. Ces effets… déroutants sont causés par l'implantation des secondes intercalaires !

Tout cela semble bien dramatique et inouï. Allons voir tout ce qu'implique le phénomène des secondes intercalaires.

Autrefois, la vitesse de rotation de la Terre semblait régulière parce que les horloges anciennes étaient relativement imprécises. Les scientifiques ont alors créé l'échelle de temps UT1, définissant alors une seconde comme étant le temps que la Terre prend pour faire un tour sur elle-même divisé en 86 400, soit le nombre de secondes dans une journée. Plus récemment, des instruments de mesure plus précis ont révélé que la vitesse de rotation de la Terre était instable. Il a donc fallu redéfinir la seconde en se basant sur la vibration de l'atome de césium, une technique beaucoup plus précise ayant la capacité de produire une échelle de temps régulière ; on nomme cette échelle de temps le *temps atomique international* (TAI). La longueur d'une journée correspond maintenant à la seconde physique déterminée par l'atome de césium multipliée par 86 400. Aujourd'hui, l'échelle qui régit les horloges partout dans le monde est l'échelle du temps universel coordonné (UTC), elle-même est basée sur le TAI.

Cependant, un problème survient lorsque la vitesse de rotation de la Terre varie trop. Les interactions entre les structures internes de la Terre, la répartition de l'eau sur le globe, la force des marées, les mouvements de l'atmosphère et des océans ainsi que la fonte des glaciers sont tous des facteurs qui font varier, de peu, la vitesse de rotation de la Terre. Ces variations changent la longueur d'une journée terrestre et le système UT1 ne correspond plus nécessairement à la longueur d'une journée physique. Pour pallier cette différence, la seconde intercalaire a été introduite ; il s'agit essentiellement d'une seconde qu'on peut additionner, donc une seconde supplémentaire, qu'on ajoute à une échelle de temps pour l'aligner le plus possible avec l'échelle associée à la vitesse de rotation de la Terre, donc avec UT1. Elle est généralement ajoutée à la fin de la dernière minute du mois de juin ou de décembre, un peu comme une 61e seconde. Peu importe comment elle est intégrée, la seconde intercalaire permet de rapprocher l'UTC de l'UT1. D'ailleurs, depuis 1972, une seconde intercalaire est ajoutée environ tous les 18 mois ; ce n'est pas nouveau ! (1) (figure 1)

Figure 1 Représentation possible de l'ajout d'une seconde intercalaire sur un cadran numérique. Source : Charlotte Boyer, créé avec l'application Procreate, Cégep de Valleyfield, 2025.

L'idée d'une seconde intercalaire négative a été introduite dans les dernières décennies parce qu'au cours des 50 dernières années, notre planète a augmenté sa vitesse de rotation, ce qui a raccourci légèrement les journées terrestres.

Étonnamment, la situation contraire est aussi possible. Il est en effet possible d'enlever une seconde intercalaire, donc d'enlever une seconde à l'UTC. La principale cause de cette variation de vitesse est le ralentissement de la rotation du noyau terrestre. Le noyau interne de la Terre est à environ 5 180 km de profondeur et est soumis à des températures extrêmes. Sa température est de 5 400°C ; c'est l'endroit le plus chaud sur Terre. Le noyau est subdivisé en deux parties : le noyau interne et le noyau externe. Le noyau interne de la Terre est composé principalement de fer (Fe) et de nickel (Ni) solides. Ces derniers sont des métaux, ils réagissent donc en présence d'un aimant. Puisque la Terre elle-même peut être considérée comme un aimant géant, le champ magnétique terrestre force un déplacement de cette masse de fer solide et déclenche une rotation du noyau. Toutefois, le noyau a aussi une partie liquide : c'est le noyau externe. Cette partie est composée des mêmes constituants que le noyau interne (Fe et Ni) ; elle subit aussi la chaleur extrême des profondeurs de la Terre, ce qui atteint le point de fusion de ces métaux. L'augmentation de la pression élève le point de fusion des substances, ce qui fait qu'elles fondent plus difficilement. C'est pourquoi le noyau interne est solide. Le noyau externe ne subit pas une pression aussi élevée que le noyau interne : plus proches de la surface, les métaux qui le composent peuvent rester liquides. Le noyau externe subit les effets du champ magnétique et possède aussi un mouvement de rotation. Le noyau externe s'attache au noyau interne et au manteau terrestre, donc il tire et pousse sur le noyau interne. Cela fait varier la vitesse de rotation du noyau interne. Si le noyau externe le retient et applique une force contraire au mouvement naturel du noyau interne, ce dernier ralentit. (figure 2)

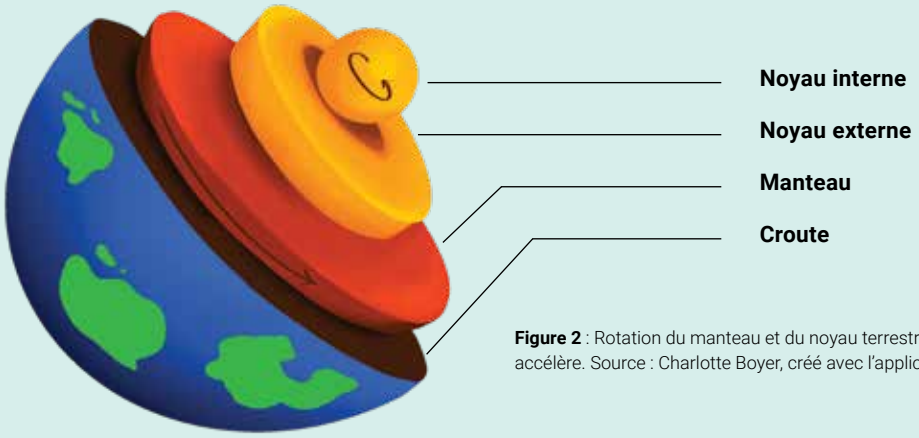


Figure 2 : Rotation du manteau et du noyau terrestre. Si la rotation du noyau ralentit, celle du manteau accélère. Source : Charlotte Boyer, créé avec l'application Procreate, Cégep de Valleyfield, 2025.

Une autre explication possible de ce ralentissement est que le noyau semble changer de forme. En effet, le noyau de la Terre est souvent représenté comme une boule, mais, en réalité, cette boule est bosselée et de forme irrégulière. Le noyau au centre de la Terre doit supporter tout ce qui se trouve au-dessus de lui. Comme on peut se l'imaginer, cela représente une masse importante. Toutes les structures au-dessus du noyau subissent l'effet de la gravité terrestre orientée vers notre pauvre noyau situé au centre de la Terre. La grande majorité de cette masse est le manteau terrestre, qui correspond à la couche de 2 185 km d'épaisseur située directement au-dessus du noyau. Le manteau applique de grandes forces sur le noyau et le déforme continuellement, alors la répartition de la partie liquide du noyau change sans arrêt. De plus, le noyau interne se contracte et s'affaisse à certains endroits. Les déformations du noyau le ralentissent, puisque les creux formés augmentent la friction entre les parties solide et liquide du noyau, mais aussi entre le noyau et le manteau. On peut le voir comme une balle. Si la balle est parfaitement lisse, elle roulera sans problème ; par contre, si la balle est abimée, elle ne roulera pas avec autant de facilité. C'est le même principe pour la rotation du noyau. Lorsqu'on a plusieurs structures dont les mouvements de rotation sont simultanés, on voit que toutes les structures sont interdépendantes. La vitesse de l'une influence l'ensemble des structures. Si le noyau décélère, la Terre essayera de garder son moment cinétique et de garder un équilibre. Le but est de maintenir le moment cinétique constant. Le moment cinétique est une grandeur physique qui mesure la quantité de mouvement qui tourne autour d'un axe. Afin de compenser ce ralentissement, le manteau va accélérer. Le manteau représente 81 % du volume de la Terre et 68 % de sa masse, alors, s'il accélère, la Terre accélère aussi. La mesure du ralentissement du noyau est d'ailleurs assez récente : les premiers recensements du ralentissement du noyau ont été faits lors du dernier siècle, vers 1970. Les mesures récentes semblent indiquer que ce ralentissement se poursuit. La vitesse de rotation la Terre est donc encore en train de changer. (2) (figure 3)

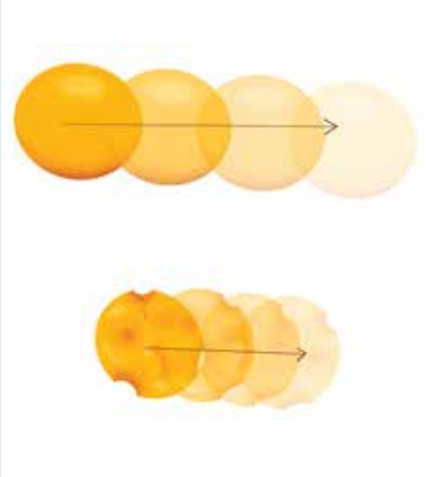


Figure 3 Une balle lisse roule plus facilement qu'une balle abimée. De la même façon, la forme irrégulière du noyau terrestre ralentit sa rotation. Source : Charlotte Boyer, créé avec l'application Procreate, Cégep de Valleyfield, 2025.

Cela dit, l'ajout d'une seconde intercalaire négative n'est pas sans conséquences. En effet, tous les fournisseurs de service Internet s'appuient sur une échelle de temps bien précise et ils accommodent l'implantation de la seconde intercalaire, négative ou positive, de manières différentes. Certains systèmes peuvent répéter la seconde 23 h 59 min 59 s ou 0 h 00 min 00 s une deuxième fois pour intégrer une seconde additionnelle, tandis que des fournisseurs comme *Google*, *Microsoft* ou *Facebook* amortissent la seconde intercalaire en « écrasant » le temps, donc en accélérant les secondes pendant une certaine période, pour, ultimement, se retrouver avec une seconde de plus. D'autres systèmes, comme certains systèmes de géopositionnement par satellite (GPS), ne sont pas programmés pour accueillir une seconde de plus ou de moins. Peu importe la manière utilisée pour l'accommoder, l'addition ou la soustraction de la seconde intercalaire est susceptible de créer des bogues et des pannes informatiques. (3)

Bon, nous avons peut-être exagéré les effets de la seconde intercalaire négative dans notre petite situation du départ, mais il y a des impacts réels à cette soustraction. Ce n'est cependant pas la fin du monde ; les géants du web se préparent déjà à ce retrait de seconde intercalaire qui, selon les estimations, devrait se produire en 2026. Il y a une façon de modifier l'algorithme des sites afin de modifier le temps. Nous n'aurons probablement même pas connaissance de ce bogue, puisque ce type de mise à jour se fait la nuit. Il ne faut donc pas céder à la panique ! La rotation du noyau terrestre est étudiée minutieusement par des scientifiques qualifié(e)s et le consensus qui se dégage de leurs observations est que, bien que le noyau ralentisse, celui-ci n'est pas près de s'arrêter. Le noyau aime tout simplement jouer avec le temps !

Références bibliographiques :

1. Conseil national de recherches du Canada. La seconde intercalaire [Internet]. 2019 [cité 15 mars 2025]. Disponible sur : https://nrc.canada.ca/fr/certifications-evaluations-normes/heure-officielle-canada/seconde-intercalaire
2. Nikk Ogasa. Earth's inner core may be changing shape. ScienceNews.[Internet]. 2024 [cité 26 févr 2025]. Disponible sur : https://www.sciencenews.org/article/inner-core-changing-shape-earth
3. Levine J, Tavella P, Milton M. Towards a consensus on a continuous coordinated universal time. Metrologia [Internet]. nov 2022 [cité 8 mars 2025] ;60(1) : 014001. Disponible sur : https://dx.doi.org/10.1088/1681-7575/ac9da5

LE SPERME : UNE NOUVELLE VOIE DE GUÉRISON DU CANCER

LÉA BOULET, JADE BISSONNETTE ET MATHYS FORDHAM

Un spermatozoïde lié à une composante mécanique forme un nanorobot biohybride capable d'atteindre avec plus de précision les sites cancéreux afin de les traiter avec plus d'efficacité.

En 2021, selon le Registre québécois du cancer, 21 627 Québécois(es) sont mort(e)s du cancer. Ce nombre représente environ 31 % des décès de cette année, selon l'Institut de la statistique du Québec. Cela démontre que les traitements actuels du cancer ne sont toujours pas au point.

Les cancers sont un enjeu important parce que leur nombre augmente constamment. Un traitement efficace est difficile à concevoir. Plusieurs facteurs nous prédisposent au développement de cancers, notamment notre alimentation. En effet, le choix des aliments consommés est crucial, puisque certains d'entre eux peuvent augmenter de manière exponentielle le risque de développer un cancer dans diverses régions du corps. Par exemple, la consommation d'un verre d'alcool par jour augmente de 168 % le risque de développer un cancer de la bouche, du larynx et du pharynx. Présentement, pour traiter les cancers, on utilise principalement la chimiothérapie et la radiothérapie, qui détruisent les cellules cancéreuses. Malheureusement, ces traitements actuels ne sont pas assez efficaces.
L'inefficacité relative de ces traitements tient à leur manque de précision. Ils ne touchent pas seulement les cellules cancéreuses, mais aussi les autres cellules saines nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme, entrainant plusieurs effets secondaires néfastes. Par exemple, la chimiothérapie et la radiothérapie peuvent provoquer une perte de cheveux. En effet, ces traitements n'étant pas sélectifs, ils tuent souvent les cellules qui se reproduisent rapidement, comme celles des cheveux.

Des petits robots sauveurs

Afin de contrer les problèmes de précision des traitements de cancer, une technologie innovante utilise de petits robots navigateurs, appelés *nanorobots* ou *microrobots*, permettant de circuler dans les différentes voies de l'organisme et d'appliquer un traitement moins invasif. Ces robots sont composés de matériaux biocompatibles biodégradables, donc capables de se dissoudre une fois que la cible a été atteinte. Ils possèdent des détecteurs pouvant capter des variations de température, de pH et de concentration de certaines biomolécules. Ils voyagent majoritairement à l'intérieur du système cardiovasculaire à l'aide de composants mécaniques produisant des forces leur permettant de se mouvoir. (1)

Le nanorobot a la possibilité de se rendre directement aux sites cancéreux afin de libérer le médicament précisément sur la cible.

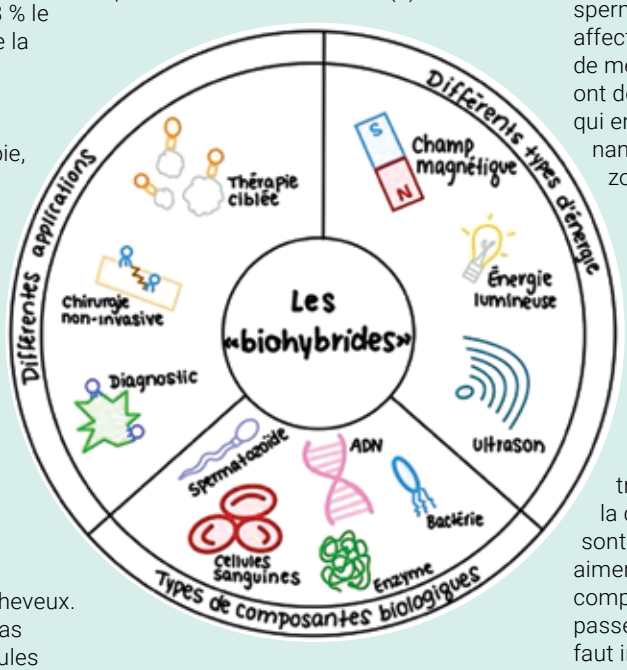


Figure 1 La figure ci-dessus illustre plusieurs sortes de microrobots. Dans cet article, un type en particulier est présenté, mais plusieurs autres options sont envisageables. C'est ce que la figure illustre. On voit aussi qu'il existe plusieurs sortes d'énergie pour propulser les robots dans l'organisme. Finalement, la figure présente les divers types de traitements possibles utilisant des microrobots dans le corps humain. La figure représente en quelque sorte un résumé de l'univers du microrobot.
Image créée par Jade Bissonnette, Salaberry-de-Valleyfield, avril 2024

Le lien avec le sperme

Certaines cellules ont la capacité de se déplacer grâce à un flagelle. Ce dernier peut être vu comme l'équivalent de la nageoire qui permet le déplacement du poisson. Si on ajoute un composant mécanique à cette cellule, le résultat forme un *biohybride*, une sorte de nanorobot. Dans le monde des nanorobots, lorsqu'on parle des biohybrides composés de sperme, on utilise souvent le terme *spermbot*. Le spermatozoïde est inséré dans un mini tube de taille similaire à celle de la cellule reproductrice. Le flagelle est l'organe qui va permettre au spermatozoïde de se propulser avec de l'énergie et le tube, lui, permet de l'orienter. (2) Un des avantages d'utiliser le sperme est que les performances de navigation des spermatozoïdes ne sont aucunement affectées lorsqu'on charge ces derniers de médicaments. Les spermatozoïdes ont de nombreuses caractéristiques qui en font de bons candidats pour la nanorobotique. En effet, le spermatozoïde a une membrane lipidique composée de cholestérol et de phospholipides. Bien que la concentration de ces biomolécules varie d'un individu à l'autre, on les retrouve en assez grande quantité. Cette membrane agit comme une barrière de protection contre le milieu où voyage le spermatozoïde. C'est d'ailleurs grâce à cette dernière qu'il est possible de transporter des médicaments dans la cellule. Les médicaments utilisés sont hydrophiles. En d'autres termes, ils aiment l'eau. Comme la membrane est composée de lipides, elle ne laissera pas passer les molécules du médicament. Il faut imaginer la membrane comme de l'huile et le médicament comme de l'eau : ils ne se mélangent pas. Cette barrière empêche donc le médicament de se diluer dans les fluides corporels ou de se dégrader. (3)

Un mode de transport attirant

Pour s'orienter dans l'organisme, les microrobots nécessitent une source d'énergie. La source la plus couramment

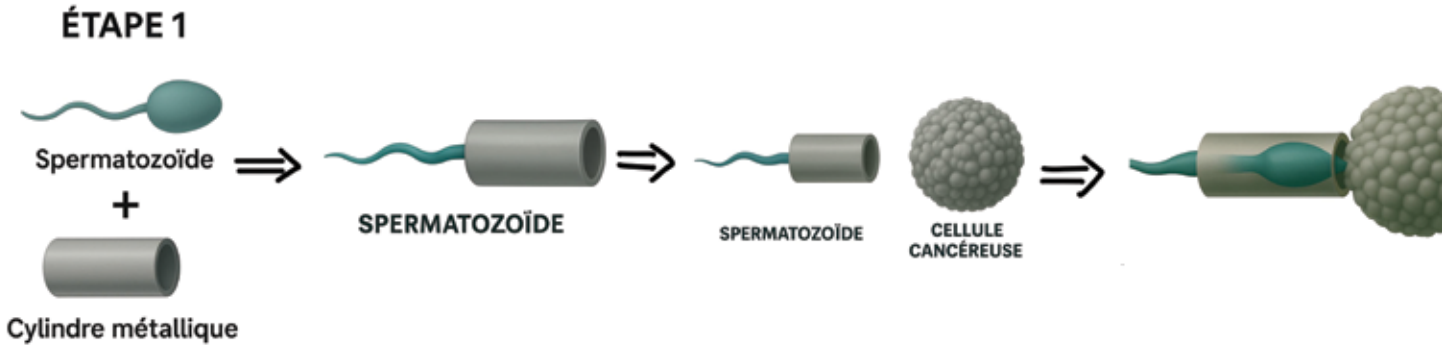


Figure 2 La figure ci-dessous montre le mécanisme de formation du spermbot. En premier lieu, on voit la formation du biohybride combinant le spermatozoïde et le tétrapode magnétique. En deuxième lieu, on voit que le biohybride se déplace jusqu'à la tumeur à l'aide de la force magnétique représentée par un aimant sur la figure. Finalement, on voit que le microrobot se fixe à la tumeur et que le médicament est relâché à l'intérieur de celle-ci.
Image générée avec l'aide de l'intelligence artificielle Chat GPT, légèrement modifiée par Léa Boulet, Salaberry-de-Valleyfield, avril 2024

utilisée est l'électromagnétisme, puisque le corps est dit « transparent » au champ magnétique, ce qui signifie que la perméabilité magnétique chez l'être humain est à peu près la même que celle du vide. Cela n'a donc aucun effet néfaste sur le corps. Les spermatozoïdes convertis en micronageurs robotisés se voient guidés par un champ magnétique externe produit par des aimants. Plus le champ magnétique est élevé, plus les forces exercées sur le robot vont être grandes. La partie artificielle du robot, souvent constituée d'un corps ferromagnétique, oscille sous l'effet de l'énergie fournie. Dans les spermbots le corps en métal est le microtube dans lequel on place le spermatozoïde. C'est donc le tube qui va recevoir l'énergie et qui va réagir à la force électromagnétique. L'oscillation de la partie artificielle permet le battement du flagelle, qui propulsera le nanorobot jusqu'à la destination escomptée. (2) Le biohybride se fait donc attirer un peu partout dans les vaisseaux sanguins. Si l'on compare ça à une voiture, on peut dire que les flagelles sont les roues et que l'électromagnétisme est le volant.

Libéré, délivré dans la tumeur !

Analysons maintenant le mécanisme de libération des médicaments des spermbots. Pour que les médicaments restent attachés aux microrobots, il est possible d'utiliser les spermatozoïdes comme réservoirs. Eh oui ! on peut placer le médicament dans la cellule grâce à leur membrane hydrophobe, c'est-à-dire une membrane qui ne réagira pas avec l'eau. (3) Rappelons-nous que le spermatozoïde est placé dans un microtube. Lorsque ce microtube entre en contact avec la tumeur, il s'ouvrira et laissera s'échapper le spermatozoïde. Celui-ci est alors capable de pénétrer profondément dans le milieu de la cellule cancéreuse (2). À ce moment-là, il existe plusieurs manières envisageables de détruire la cellule. Premièrement, certaines études ont démontré que le sperme a une possibilité de détruire les cellules cancéreuses grâce à son flagelle. Imaginez-vous un chien qui bat de la queue quand il est excité. La vitesse à laquelle sa queue bat augmente proportionnellement la force de chaque coup. Les spermatozoïdes utilisent la même technique pour briser la membrane des cellules. Deuxièmement, les cellules des spermatozoïdes peuvent fusionner avec les cellules cancéreuses. En faisant cela, le médicament est directement administré dans ces cellules et peut les tuer. (3)

De nombreux avantages

Utiliser des méthodes de traitements plus précises, comme celles décrites plus haut, comporte certainement plusieurs avantages. En premier lieu, l'utilisation des microrobots dans le traitement du cancer résout pratiquement le problème de précision. Cette méthode est beaucoup plus précise puisqu'on peut diriger le médicament directement dans la tumeur. Cela réduit également les risques d'effets secondaires négatifs puisque les cellules non cancéreuses sont épargnées. Par exemple, le patient ne perdrait pas ses cheveux puisque les cellules des cheveux, facilement accessibles dans le corps, ne seront pas affectées par le médicament. Ensuite, acheminer le médicament directement dans la tumeur augmente l'efficacité du traitement, car une tumeur possède des pores plus gros que ceux des autres tissus du corps. Cela augmente la rétention des médicaments dans la tumeur, et, ultimement, procure un effet à plus long terme. Il existe évidemment beaucoup d'autres avantages, mais ceux-ci sont les principaux. (2)

Les microrobots sont, selon plusieurs chercheur(-euse)s, la voie du futur. Les avancées médicales que peuvent procurer ces robots ne s'arrêtent pas seulement au traitement du cancer. Selon Sylvain Martel, chercheur sur les microrobots à Polytechnique Montréal, le protocole médical qui encadre l'utilisation des microrobots est complété grâce aux tests sur les gros animaux. Ces tests ont été concluants. Cependant, il manque seulement l'approbation du gouvernement afin de pouvoir utiliser certaines de ces techniques sur les humains. Ces robots pourraient donc réellement faire une différence dans les traitements du cancer dans les prochaines années.

Références bibliographiques :

1. Kong X, Gao P, Wang J, Fang Y, Hwang KC. Journal of Hematology & Oncology. 2023 [cité 17 févr 2025]. Advances of medical nanorobots for future cancer treatments | Journal of Hematology & Oncology | Full Text. Disponible sur : https://jhoonline.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13045-023-01463-z?utm_source=chatgpt.com
2. Schmidt CK, Medina-Sánchez M, Edmonson RJ, Schmidt OG. nature communications. 2020 [cité 17 févr 2025]. Engineering microrobots for targeted cancer therapies from a medical perspective | Nature Communications. Disponible sur : https://www.nature.com/articles/s41467-020-19322-7?utm_source=chatgpt.com
3. Xu H, Medina-Sanchez M, Brison DR, Edmondson RJ, Taylor SS, Nelson L, et al. Human Spermbots for Cancer-Relevant Drug Delivery [Internet]. arXiv ; 2019 [cité 21 mars 2025]. Disponible sur : http://arxiv.org/abs/1904.12684

LA MÉMOIRE, C'EST DE L'ARGENT !

CHRISTOPHE GUITARD ET ÉTIENNE BLONDIN

Alors que les étudiants cherchent à se surpasser dans leurs examens pour obtenir les meilleures cotes de rendement, la science permet d'expliquer le fonctionnement de la mémoire humaine et propose des pistes pour l'exploiter au maximum !

La mi-session est à nos portes. Les examens se succèdent et on dirait qu'il est désormais impossible de tout retenir. Vous étudiez toute la matière en une soirée pour chaque examen, l'un à la suite de l'autre. Vous essayez, tant bien que mal, de vous surpasser malgré la pression qu'implique de poursuivre des études dans un programme contingenté. Vous vous demandez s'il n'existerait pas une meilleure tactique, une méthode qui permettrait d'allier économie de temps et amélioration des performances mémorielles…

Rappelons dans un premier temps ce qu'est l'apprentissage. C'est un ensemble de processus d'acquisition de nouvelles informations. Le produit de ces processus se nomme la *mémoire*. Celle-ci est sollicitée de façon quotidienne pour différentes raisons. Elle permet, entre autres, d'établir des liens entre des évènements marquants et de nous prévenir de certains dangers. C'est aussi grâce à elle que nous pouvons accomplir certaines actions. Bref, la mémoire est multifonctionnelle et mobilise de multiples parties du cerveau qui travaillent en synergie.(figure 1)

Il va sans dire que la mémoire est complexe. Selon Francis Eustache dans son article « Mémoire » (1), elle peut se résumer en deux grandes catégories, soit la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. La mémoire à court terme se divise en deux sous-catégories : la mémoire sensorielle et la mémoire de travail. La mémoire sensorielle est inconsciente et dure quelques millisecondes. Grâce à nos sens, soit nos yeux, nos oreilles, notre nez et nos doigts, nous pouvons capter de l'information. Or, cette information disparait rapidement si nous n'y prêtons pas attention.

Vous vous dites que prendre de l'avance pourrait vous aider, mais vous manquez cruellement de temps pour pouvoir tout étudier.

Pour mieux comprendre la mémoire sensorielle, imaginez que vous êtes sur une rue très animée regorgeant de stimulus : bruits de voitures, voix, odeurs et plusieurs stimulations visuelles. Tout ce que vous allez percevoir en quelques secondes sera une sensation très brève. Cette sensation ne durera pas si vous ne lui accordez pas de l'importance et de l'attention. Pour mieux comprendre l'autre facette de la mémoire à court terme, soit la mémoire de travail, demandez à un membre de votre entourage un numéro de téléphone inconnu. Vous allez pouvoir le réciter une fois, mais si vous ne le répétez pas, après quelques minutes, vous aurez de la difficulté à le réciter parfaitement. Faites le test !

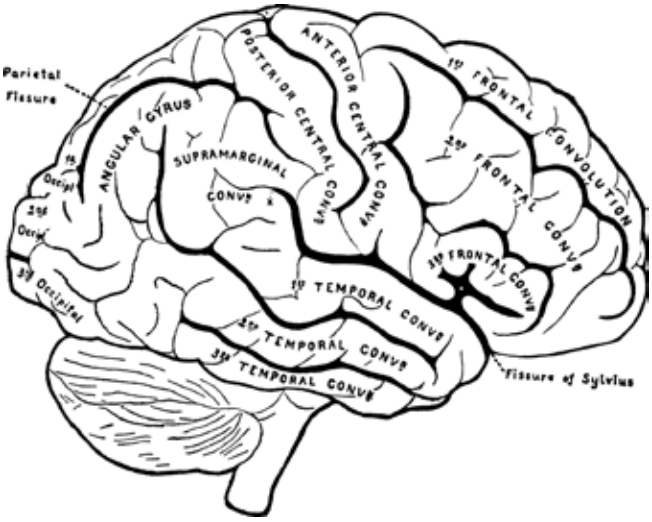


Figure 1 Les différentes structures du cerveau. Source : Cerveau Organe Cérébral — Images vectorielles gratuites sur Pixabay [Internet]. [cité 9 avr 2025]. Disponible sur : https://pixabay.com/fr/vectors/cerveau-organe-c%c3%a9r%c3%a9bral-lobe-5605290/

Passons maintenant à la mémoire à long terme. Celle-ci permet de créer ce qu'on appelle des *souvenirs*, qui sont de nouveaux renseignements. La mémoire à long terme se divise en deux types : la mémoire implicite et la mémoire explicite. La mémoire explicite se divise en deux sous-catégories : la mémoire sémantique et la mémoire épisodique. La mémoire sémantique permet de retenir des faits et des connaissances générales. Cette mémoire est comparable à une bibliothèque remplie de différents rayons qui contiennent toutes les connaissances utiles au quotidien. Pour sa part, la mémoire épisodique permet de stocker ou de récupérer des souvenirs d'un évènement. Pour l'activer, plusieurs parties du cerveau travaillent de concert. Pour mieux comprendre la mémoire épisodique, on peut imaginer une caméra qui filme. Par exemple, lorsque vous êtes à une fête d'anniversaire, votre cerveau va enregistrer des informations sur l'environnement, les personnes présentes, le décor, les conversations et les émotions ressenties. Quant à elle, la mémoire implicite, qu'on nomme aussi *mémoire procédurale*, permet d'accomplir des actions de manière automatique, c'est-à-dire sans effort conscient. Ce type de mémoire fait référence à des mouvements inscrits dans votre corps, où l'apprentissage est intégré à un niveau profond, comme savoir marcher. (figure 2)

La mémoire est très fascinante. Le philosophe allemand Hermann Ebbinghaus, nommé le *père de la psychologie expérimentale*, a décidé de développer les premières méthodes scientifiques pour évaluer l'acquisition et la rétention d'information dans une expérience contrôlée. Le but de ce chercheur était de découvrir par expérimentation les limites de la mémoire humaine à long terme. Son but était de pouvoir quantifier et analyser les résultats. L'analyse d'Ebbinghaus se penche sur l'étude d'un des types de défaillances de la mémoire, soit sa tendance normale à oublier, progressivement, certaines informations en faveur

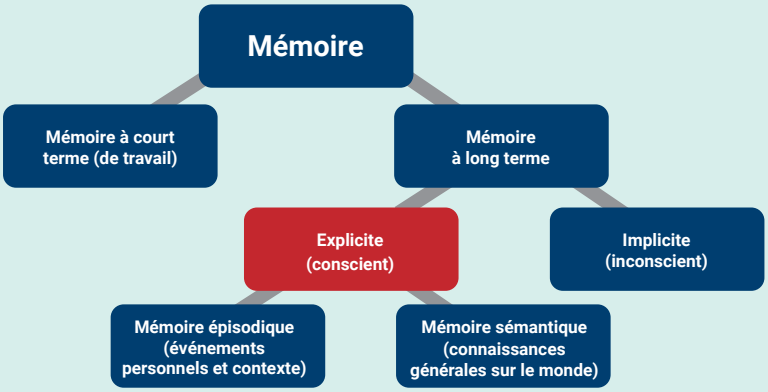


Figure 2 Schéma de concepts sur la composition de la mémoire. Source : Christophe Guitard, schéma créé à l'aide du logiciel Popplet Lite, 2025, Châteauguay

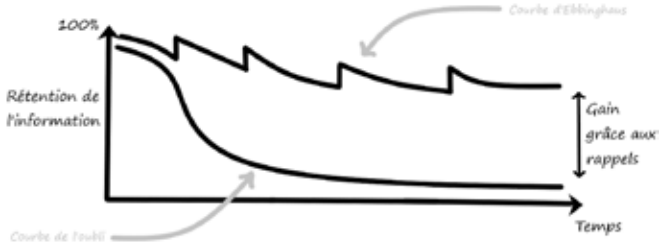
de souvenirs rappelés et utilisés plus souvent. Il fallait utiliser une méthodologie qui permettrait de distinguer ce que la personne savait déjà des nouvelles informations dont elle devait se souvenir. Ainsi, Serge Nicolas, de l'université René-Descartes Paris V (2), aurait inventé les syllabes nonsense, soit des groupes de trois à quatre lettres ne correspondant à aucun mot de notre langue. Son expérience consistait à faire répéter à un groupe de personnes une dizaine de ces syllabes jusqu'à ce qu'elles réussissent à toutes les réciter par cœur. Il communiquait avec les sujets de l'étude au fil des semaines suivantes pour évaluer la vitesse d'oubli de ces syllabes. Il a ainsi pu constater que les résultats formaient une courbe exponentielle. Par la suite, il a tenté de comprendre et d'expliquer la forme de cette courbe.

Ce qui va nous intéresser, ici, c'est la variable reliée à la force de la mémoire, notée *F*. Cette force dépend de certains facteurs tels que le développement du cerveau, le niveau de stimulation de certaines régions du cerveau (le cortex, le lobe pariétal et le lobe temporal). En effet, plus de stimulation provoque le renforcement des liens neuronaux. Pour mieux comprendre ce qu'est la rétention mémorielle d'un point de vue biologique, il faut mentionner qu'elle fait intervenir des connexions neuronales. Ces connexions sont possibles grâce à des extensions des neurones appelées *dendrites*. Plus une connexion neuronale est sollicitée, plus elle est renforcée grâce à la croissance de ces dendrites. Ces dernières construisent la route permettant la communication entre les neurones. Il y a donc une corrélation entre les structures cérébrales, leur santé, leur niveau de stimulation, leur force et conséquemment, la capacité de rétention de l'information par un individu.

Observons maintenant le graphique : parce que la variable de la force de la mémoire divise l'exposant, on constate que l'effet est d'étirer la courbe, améliorant donc la rétention à long terme. Cela est cohérent, car la première constatation, c'est qu'il y a un pic descendant rapidement au début, ce qui signifie que la majorité des oublis se produisent au début de l'apprentissage. Sachant cela, les chercheur(-euse)s se sont posé la question, à savoir comment cette analyse pourrait être appliquée et utilisée pour améliorer notre capacité à retenir l'information à long terme. On a étudié la formule de Ebbinghaus et on l'a appliquée à de nouveaux tests cliniques pour évaluer l'impact qu'aurait la répétition de l'information sur la rétention. Résultat : répéter les syllabes *nonsense* à intervalles réguliers au début, lorsque l'oubli était le plus important, a permis à la fonction de retrouver sa valeur initiale de 100 %, tout en conservant le taux de variation de la fonction de départ. Ainsi, à mesure que les rappels étaient exécutés, le taux de variation suivant la fonction de base diminuait. Cela est dû au caractère exponentiel de la fonction. Bref, les résultats prédisent une rétention allant jusqu'à 80 % du contenu initial après 6 mois, comparativement à 20 % pour la méthode sans rappels, selon des données de l'académie de Toulouse. Selon Jean Pierre Rossi, neuropsychologue (3), cela s'explique par la dégradation des liens synaptiques si l'apprentissage n'est pas suffisamment sollicité, alors qu'avec de la répétition, on s'assure de maintenir l'apprentissage dans notre mémoire sémantique de manière beaucoup plus durable grâce aux fameuses stimulations des neurones et à la croissance des dendrites.

Ainsi, cette méthode permettrait entre autres aux étudiant(e)s qui doivent retenir des quantités importantes de notions dites *anecdotiques* d'améliorer leur capacité de rétention de l'information, tout en économisant du temps précieux. Entretemps, il ne vous reste qu'à reprendre le contrôle de votre horaire et à planifier judicieusement votre temps pour vous assurer une performance spectaculairement scientifique à vos examens.

La formule ressortant des expérimentations peut être approximée de la manière suivante :



$$R = e^{-\frac{t}{F}}$$

Où

R : Rétention mémorielle,

F : Force de la mémoire,

t : Temps

Figure 3 Comparaison graphique de la courbe de l'oubli et de la courbe d'Ebbinghaus. Source : Christophe Guitard, graphique créé à l'aide du logiciel Paint 3D, 2025, Châteauguay

Références bibliographiques :

1. EUSTACHE F. Encyclopædia Universalis. Encyclopædia Universalis; 2019 [cité 9 avr 2025]. MÉMOIRE. Disponible sur : https://universalis-valleyfield.proxy.collecto.ca/encyclopedie/memoire
2. Nicolas S. CAIRN INFO. Persée — Portail des revues scientifiques en SHS ; 1992 [cité 9 avr 2025]. Hermann Ebbinghaus et l'étude expérimentale de la mémoire humaine. Disponible sur : https://www.persee.fr/doc/psy_0003-5033_1992_num_92_4_29538
3. Rossi JP. Persée. De Boeck Supérieur ; 2018 [cité 9 avr 2025]. Chapitre 8. L'oubli normal et pathologique. Disponible sur : https://cairn-valleyfield.proxy.collecto.ca/neuropsychologie-de-la-memoire--9782807320291-page-193

CONCOURS DE PHOTOS SCIENTIFIQUES

La chimiluminescence à l'aide de luminol est une source très particulière de lumière, puisqu'elle brille en l'absence de chaleur. La réaction se fait par l'oxydation du luminol en un acide excité dont les électrons reviennent à leur état fondamental par le dégagement de lumière bleue.

Photo prise le 8 avril 2025 à Salaberry-de-Valleyfield

Amélie Klein

Ce champ de tournesols est tout simplement magnifique. Ces fleurs exercent une grande influence dans la nature et sont bien plus que de simples ornements. Grâce à elles, la photosynthèse est assurée et nous permet de respirer sans même y penser. De plus, elles contribuent à alimenter le cycle du carbone. La plupart des jeunes tournesols possèdent la faculté de se tourner vers le soleil pour optimiser la photosynthèse et la pollinisation. Voilà pourquoi les tournesols en arrière-plan sont tous alignés.

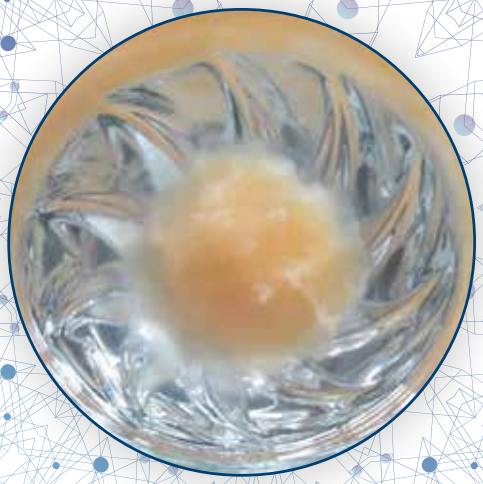
Photo prise le 5 septembre 2024 à Coteau-du-Lac

Kellyann Bolduc

La photo montre une éclipse lunaire dans toute sa splendeur. La Lune obtient cet éclat rougeâtre grâce à la réfraction de la lumière. Lorsque la lumière rouge du Soleil atteint l'atmosphère de la Terre, elle change de direction vers la Lune pour ainsi lui offrir son titre de *Lune de sang*.

Photo prise le 14 mars 2025 à Saint-Lazare

Rémi Poirier et Coralie Thiffault



SHOT BALL : SPHÉRIFICATION À L'ÉTAT PUR

INGRÉDIENTS

Pour les sphères

1. 200 ml de jus de fruits
2. 50 ml de sirop de caramel
3. 2,6 g d'alginate de sodium

Pour le bain de calcium

1. 300 ml d'eau
2. 3 g de sel de calcium

Bain de calcium

1. Mélanger le sel de calcium et l'eau jusqu'à la dissolution complète du sel de calcium.
2. Laisser reposer environ 30 minutes.

Sphères caramel et fruits

1. Combiner le jus de fruits et le sirop de caramel. Incorporer des pincées d'alginate de sodium tout en mélangeant jusqu'à ce que le tout soit dans le mélange.
2. Mélanger la préparation tout en évitant d'y incorporer trop d'air, puis laisser reposer au minimum 30 minutes.
3. Remplir des petits moules (forme recommandée : demi-sphérique) avec la préparation et les placer au congélateur au moins deux heures.
4. Plonger les sphères dans le bain de calcium pendant au moins 60 secondes ; assurez-vous qu'elles ne touchent pas les parois et qu'elles ne sortent pas du bain de calcium.
5. Transférer les sphères dans un bol d'eau.
6. Servir dans un verre d'alcool.

Comment ça fonctionne ?

L'alginate de sodium est très soluble dans l'eau, mais elle ne l'est pas en milieu basique. Lorsqu'un mélange liquide d'alginate de sodium est plongé dans un bain de calcium, les ions de sodium seront substitués par les ions de calcium qui s'attacheront alors aux chaines d'alginate et les relieront entre elles, ce qui formera un gel. Or, cette couche de gel retiendra tout le liquide du mélange d'alginate à l'intérieur de la sphère formée, ce qui permettra le processus de sphérification. Il est ainsi facile de simuler du caviar et des perles !

Bibliographie :

- Mazi A, Asrih C, Le Coz L. TPE : *Gastronomie moléculaire et sphérification [En ligne].* 2023 [cité le 17 avril 2025]. Disponible : La sphérification | tpe-gastmoleculaire
- Valrhona, La magie de la sphérification : histoire, concepts et techniques [internet]. 2024 [cité le 17 avril 2025]. Disponible : La magie de la sphérification : histoire, concepts et techniques — Ingrédients Premium pour vos recettes préférées : découvrez les tendances en matière de pâtisserie et plus encore
- Cazor A, Liénard C. Petit précis de cuisine moléculaire. 1er éd. Espagne : Hachette livre (marabout) ; 2008.106p.

SCIENCES DE LA NATURE
AU CÉGEP DE VALLEYFIELD

TON PASSEPORT POUR L'UNIVERSITÉ!

Double DEC possible
SCIENCES DE LA NATURE & ARTS VISUELS

AU CÉGEP DE VALLEYFIELD, LE PROGRAMME SCIENCES DE LA NATURE T'OFFRE

- Des projets uniques comme la Revue scientifique des finissant(e)s, *Ça, c'est de la science!*
- Une première rédaction scientifique distribuée à raison de 3 000 exemplaires dans plusieurs écoles et commerces de la Montérégie et du Grand Montréal

DES ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES CONCRÈTES COMME

- L'utilisation d'un observatoire d'astronomie sur le toit du Cégep
- Une excursion géologique sur le terrain
- Des laboratoires à la fine pointe de la technologie
- Plusieurs mesures d'aide pour faciliter ton intégration à la 1re session
- Un parcours recherche en écologie te permettant de participer à des activités scientifiques sur le terrain

CÉGEP DE VALLEYFIELD
Milieu d'inspiration

cegepvalleyfield.ca